



Carlota Pissarra de Brito Carrilho Ramos

Licenciatura em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Aplicação da Metodologia TRIZ numa Indústria Alimentar

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Professora Doutora Helena Víctorovna Guitiss
Navas, Professora Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Doutora Virgínia Helena Arimateia de Campos Machado, Professora
Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
Vogais: Doutor Denis Alves Coelho, Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia
da Universidade da Beira Interior
Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas, Professora Auxiliar da Faculdade
de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Maio 2015

Aplicação da Metodologia TRIZ numa Indústria Alimentar

Copyright ©

Carlota Pissarra de Brito Carrilho Ramos - Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

À Professora Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas, pela generosa e cuidada orientação da presente dissertação, pela disponibilidade, e pelo apoio que sempre propiciou ao longo dos meses da sua realização.

Ao Eng.º Luís Novo, Responsável pelo Departamento de Manutenção da Dancake, um muito obrigada. pelo apoio, e pela disponibilidade demonstrada ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Às minhas amigas, Sofia, Cláudia, Vanessa, Helena, Tatiana, Isabel e Marina, que sempre estiveram presentes, para me apoiar.

Ao meu namorado, Luís, por toda a paciência, carinho e força que me deu, ao longo desta etapa.

À minha família, por todo o incentivo, a confiança e o afeto, nesta fase do meu percurso.

Por fim, quero agradecer à minha irmã Marta, por ser quem é.

Resumo

Para fazer face à concorrência crescente que se sente em todos os mercados e à atual situação de pós crise na economia mundial, é cada vez mais necessário adotar novas estratégias e abordagens, completando com isso os métodos de gestão tradicionais. Neste sentido, há maior procura de novas metodologias e abordagens que permitam aumentar a eficácia e a eficiência dos processos nas organizações.

Na indústria agroalimentar, é crucial reforçar a competitividade, tanto a nível nacional, como a nível internacional. A inovação sistemática pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de soluções mais criativas e inovadoras para os problemas existentes.

A metodologia TRIZ (Teoria de Resolução Inventiva de Problemas) é normalmente associada à inovação sistemática. A TRIZ oferece ferramentas, técnicas e conceitos que auxiliam na identificação e na resolução de problemas (contradições na terminologia TRIZ). A utilização desta metodologia visa a incrementar a criatividade e a inovação, proporcionando vantagens competitivas importantes às organizações em relação à concorrência.

A presente dissertação incide na aplicação da metodologia TRIZ numa indústria agroalimentar – DanCake S.A - que produz e comercializa bolos, bolachas, biscoitos, tostas e outros produtos de pastelaria. O estudo centrou-se na linha de produção das bolachas *crackers*, tendo sido identificados vários problemas organizacionais e técnicos.

Através da aplicação de algumas ferramentas analíticas da metodologia TRIZ (Matriz de Contradições, Matriz de Idealidade e Análise Substância - Campo), não só foram elaboradas propostas de resolução de problemas identificados, como também foram desenvolvidas propostas de melhoria de alguns aspetos de funcionamento da linha estudada. A implementação das propostas poderá aumentar a produtividade e reduzir significativamente os desperdícios, aumentando, assim, a eficácia e eficiência da linha.

Com base nos resultados obtidos, está a ser preparada uma publicação para o CIBIM XII- Congresso Ibero-Americano de Engenharia Mecânica que terá lugar em Novembro de 2015 em Guayaquil, Equador.

Palavras-chave: Inovação, Inovação Sistemática, TRIZ, DanCake, Resolução de Problemas, Análise Substância-Campo.

Abstract

To face all the emerging competition that sits on all the markets and the current situation of post crisis in the world economy, it is increasingly necessary to adopt new strategies and approaches, thereby completing traditional management methods. So, there is greater demand for new methodologies and approaches to increase the effectiveness and efficiency of processes in organizations.

In the food industry, it is crucial to strengthen competitiveness, both nationally and internationally. The systematic innovation can significantly contribute to the development of more creative and innovative solutions to the existing problems.

The TRIZ methodology (Theory of Inventive Problem Solving) is usually associated with systematic innovation. The TRIZ provides tools, techniques and concepts that help in identification and problem solving (contradictions in TRIZ terms). The use of this methodology aims to enhance the creativity and innovation, providing important competitive advantages to organizations against competition.

The following thesis focus on the application of the TRIZ methodology in a food industry – DanCake S.A. – that produces cakes, cookies, biscuits, toasts and other pastries. This study focus on the production line of crackers cookies, where several organizational and technical problems were identified.

By applying some of the analytic tools of TRIZ methodology (Contradictions Matrix, Ideality Matrix and Substance-Field Analysis), not only problem motions were made, but also improving solutions of some production line aspects were developed. The implementation of the suggestions can increase the productivity and decrease significantly the wastes, thus increasing the effectiveness and efficiency of the production line.

Based on the results obtained, it is being prepared a publication for CIBIM XII – Ibero-American Congress of Mechanical Engineering which will be in November 2015 in Guayaquil, Ecuador.

Key-words: Innovation, Systematic Innovation, TRIZ, DanCake, Problem Solving, Substance-Field Analysis

Índice

1. Introdução	1
1.1 Enquadramento e Objetivos da Dissertação	1
1.2 Estrutura da Dissertação	2
2. Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ)	5
2.1 Introdução à Metodologia TRIZ	5
2.2 Uma Definição para a TRIZ	7
2.3 Conceitos e Caraterísticas da TRIZ	9
2.3.1 Sistemas Técnicos	9
2.3.2 Contradições	9
2.3.3 Idealidade	10
2.3.4 Padrões de Evolução	11
2.4 Ferramentas e Técnicas da TRIZ	14
2.4.1 Princípios de Invenção e Matriz de Contradições	14
2.4.2 Análise Substância - Campo (<i>SuField</i>)	17
2.4.3 Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas (ARIZ)	26
3. Estudo de Caso	33
3.1 DanCake S.A.	33
3.1.1 Organização da Empresa	34
3.1.2 Caraterização da Unidade Fabril de Santa Iria	35
3.2 Linha 3-Produção das Bolachas Crackers	36
3.2.1 Processo de Fabrico dos <i>Crackers</i>	37
3.3 Overall Equipment Effectiveness	39
3.3.1 <i>OEE</i> da Linha 3	40
3.4 Análise Crítica da Linha 3	40
3.5 Implementação da Metodologia TRIZ	44
3.5.1 Aplicação dos Princípios de Invenção e da Matriz de Contradições	44
3.5.2 Análise Substância - Campo	45

3.5.3 Matriz de Idealidade	50
4. Conclusões e Recomendações	53
Bibliografia	57
Anexos	61
Anexo A: Matriz de Contradições	61
Anexo B :Definição dos Parâmetros Técnicos e dos Princípios de Invenção	69
Anexo C: Organograma Completo da DanCake	83
Anexo D: Layout Completo da Linha 3	85
Anexo E: <i>OEE</i> da Linha 3	87

Índice de Figuras

Figura 2.1- Estratégia da TRIZ Para a Solução de Problemas	xii
Figura 2.2- Curva S que Representa a Evolução de um Sistema Técnico	12
Figura 2.3-Sistema Completo	17
Figura 2.4-Diferentes Etapas para a Construção de um Modelo Funcional	18
Figura 2.5-Sistema Incompleto	19
Figura 2.6-Sistema Completo Insuficiente ou Ineficiente	20
Figura 2.7-Sistema Completo com Efeito Prejudicial	20
Figura 2.8-Solução Geral 1	23
Figura 2.9-Solução Geral 2	23
Figura 2.10-Solução Geral 3	24
Figura 2.11-Solução Geral 4	24
Figura 2.12-Solução Geral 5	25
Figura 2.13-Solução Geral 6	25
Figura 2.14-Solução Geral 7	26
Figura 2.15-Ferramenta ARIZ	27
Figura 2.16- Definição do Problema	28
Figura 2.17-Análise dos Conflitos no Sistema e Formulação de Mini Problemas	29
Figura 2.18-Análise de Recursos	29
Figura 2.19-Desenvolvimento de Soluções Conceptuais	31
 Figura 3.1-Alguns Produtos Produzidos e Comercializados pela DanCake	 33
Figura 3.2-Organograma Simplificado da Empresa	35
Figura 3.3-Unidade Fabril da Póvoa de Santa Iria	35
Figura 3.4-Bolachas <i>Crackers</i>	36
Figura 3.5-Fluxograma dos <i>Crackers</i>	37
Figura 3.6- Zona em Análise na Linha 3	41
Figura 3.7-Máquina de Embalamento Final - Cavanias	41
Figura 3.8-Produto Expelido pela Linha	42
Figura 3.9-Embalagens que São Postas Novamente na Linha	42
Figura 3.10-Caixas Cheias com Embalagens por Embalar - Produto Semi-acabado	43
Figura 3.11-Identificação dos Princípios de Invenção na Matriz de Contradições	45
Figura 3.12-Sistema Incompleto do Caso de Estudo	46
Figura 3.13-Sistema Completo do Caso de Estudo	46
Figura 3.14- <i>Buffer</i> Circular	47
Figura 3.15- Ação Prejudicial entre Duas Substâncias	48
Figura 3.16-Introdução de um Novo Campo	48

Figura 3.17-Sistema Completo Insuficiente ou Ineficiente do Caso de Estudo	49
Figura 3.18-Modificação da Substância S1	49
Figura C 1-Organograma Completo da DanCake	84
Figura D 1- <i>Layout</i> Completo da Linha 3 com as Principais Atividades Identificadas	86
Figura E 1-OEE da Linha 3.....	88

Índice de Tabelas

Tabela 2.1-Parâmetros de Engenharia.....	15
Tabela 2.2-40 Princípios Inventivos.....	16
Tabela 2.3-Notação Utilizada nos Modelos de Substância-Campo	19
Tabela 2.4-Classe 1 Construção ou Destruição de Substância-Campo (13 soluções)	21
Tabela 2.5- Classe 2- Desenvolvimento de uma Substância-Campo (23 soluções)	21
Tabela 2.6- Classe 3 -Transição de um Sistema Base para um Supersistema ou para um Subsistema (6 soluções).....	21
Tabela 2.7- Classe 4- Medição ou Detecção Dentro de um Sistema Técnico.....	22
Tabela 2.8-Classe 5-Introdução de Substâncias ou Campos Dentro de um Sistema Técnico	22
Tabela 3.1- <i>OEE</i> da Linha 3	40
Tabela 3.2- Quantidade Total de Produto Produzido e Quantidade Total de Produto Semiacabado	43
Tabela 3.3-Matriz de Idealidade	51
Tabela A 1-Matriz de Contradições (Características a Melhorar 1-20 vs. Resultados Indesejados 1-13)	62
Tabela A 2- Matriz de Contradições (Características a Melhorar 1-20 vs. Resultados Indesejados 14-26).....	63
Tabela A 3-Matriz de Contradições (Características a Melhorar 1-20 vs. Resultados Indesejados 27-39).....	64
Tabela A 4-Matriz de Contradições (Características a Melhorar 21-39 vs. Resultados Indesejados 1-13)	65
Tabela A 5-Matriz de Contradições (Características a Melhorar 21-39 vs. Resultados Indesejados 14-26).....	66
Tabela A 6-Matriz de Contradições (Características a Melhorar 21-39 vs. Resultados Indesejados 27-39).....	67

Lista de Abreviaturas

ARIZ - Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas

BRC - *British Retail Consortium*

CT- Contradição Técnica

IFS - *International Food Standard*

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

PIB - Produto Interno Bruto

TRIZ - Teoria de Resolução Inventiva de Problemas

SHST- Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho

Simbologia

I – Nível de Idealidade

1. Introdução

Neste capítulo, pretende clarificar-se o enquadramento da dissertação e os objetivos a alcançar e, por fim, apresenta-se a estrutura geral da dissertação, assim como a aplicação do projeto na empresa.

1.1 Enquadramento e Objetivos da Dissertação

Para fazer face à concorrência dos dias de hoje, que se caracteriza pelo surgimento cada vez mais rápido de novos produtos e de novas modas de consumo, potenciados pela crescente globalização, a inovação desempenha um papel essencial no crescimento de todos os setores, inclusive na indústria. Consequentemente, as empresas são forçadas a avaliar a eficiência da sua conceção dos métodos fabris, para manter a sua vantagem competitiva e assegurar a sua sobrevivência.

O uso da metodologia TRIZ (Teoria de Resolução Inventiva de Problemas) cria vantagens competitivas em relação à concorrência, pois incentiva a utilização da inovação sistemática e procura novas soluções criativas para a resolução de problemas existentes. Através de várias ferramentas e até recorrendo a processos intuitivos, como o *brainstorming*, consegue-se solucionar muitos problemas, utilizando a criatividade e a inovação, que hoje em dia são cada vez mais importantes para as organizações se destacarem no mercado onde competem.

Nesta dissertação, o caso de estudo vai incidir numa indústria agroalimentar que ocupa um espaço importante na economia portuguesa. Como é sabido, este setor caracteriza-se por uma grande dispersão e pulverização subsetorial e empresarial, sendo, ao mesmo tempo, no seu todo, um espaço muito importante da economia europeia e nacional.

Segundo as últimas estimativas do Gabinete de Planeamento e Políticas, realizadas em 2012, com base nas Contas Nacionais do INE, o peso do complexo agroalimentar, na economia, corresponde (ENEI, 2013):

- no PIB, a 4,1%;
- no emprego, a 12%;

- nas exportações, a 8,4%;
- nas importações, a 14,4%.

Numa indústria agroalimentar, a inovação é um aspeto muito importante, tanto ao nível do produto, para a criação de alimentos de elevado valor acrescentado, como ao nível do processo produtivo, para o aumento da eficiência fabril. Por outro lado, o desempenho comercial dos produtos está condicionado por uma procura cada vez mais sofisticada no que se refere à nutrição, saúde e ambiente, sendo a qualidade um fator crítico de sucesso de crescente relevância, a par com os custos de produção. (Jorge, 2009)

Esta dissertação foi desenvolvida no âmbito da colaboração entre o DEMI-FCT/UNL e a empresa DanCake.

O objetivo principal do estudo centrou-se na identificação e na proposta de solução de problemas, numa das linhas de produção da empresa. As soluções desenvolvidas visam ao aumento de produtividade e da eficiência da respetiva linha de produção, eliminando, assim, algumas tarefas. Tal foi possível, através da identificação das tarefas supérfluas e daquelas cuja ineficiência da organização do trabalho era notória.

No desenvolvimento do estudo, foram utilizados vários conceitos, técnicas e ferramentas da metodologia TRIZ (Teoria de Resolução Inventiva de Problemas).

Para além dos problemas da linha de produção estudada, que foram anteriormente identificados, pelos engenheiros responsáveis e operadores, e que, inicialmente, constituíram os objetivos propostos para o estudo, também foi possível, posteriormente, identificar outros problemas, e desenvolver as respetivas propostas de resolução.

1.2 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos:

1. Introdução
2. Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ)
3. Caracterização da Empresa
4. Caso de Estudo

5. Conclusões

No primeiro capítulo, **Introdução**, apresenta-se o enquadramento, os objetivos e a sua estrutura.

O segundo capítulo, **Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ)**, destina-se à pesquisa bibliográfica sobre a TRIZ. Começando por uma pequena introdução a esta metodologia, apresentam-se, de seguida, as suas características e principais conceitos e, por fim, as suas ferramentas e técnicas principais.

No terceiro capítulo, **Caracterização da Empresa**, procede-se a uma breve caracterização da DanCake, desde a descrição dos seus produtos, até ao organograma geral desta empresa. De seguida, é apresentada a unidade fabril, onde o caso de estudo foi realizado.

No quarto capítulo, **Caso de estudo**, é apresentada a linha em estudo e são identificados os problemas. Por fim, ainda neste capítulo, foram desenvolvidas várias soluções para os problemas e elaboradas algumas propostas de melhoria, que se basearam na aplicação de algumas ferramentas analíticas da metodologia TRIZ.

Por último, no quinto capítulo, **Conclusões**, foram reunidas as considerações finais e propostas de trabalhos futuros.

2. Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ)

A concorrência entre empresas implica o desenvolvimento eficaz de produtos e serviços, recorrendo à criatividade nos respetivos processos de pesquisa e desenvolvimento.

A inovação sistemática está diretamente ligada ao aumento da competitividade. Atualmente, as empresas precisam de investir na inovação, se quiserem sobressair no mercado ou, até mesmo, simplesmente, sobreviver. Ao ser inovador na criação dos produtos, deve ainda pugnar-se pela redução de custos, tendo em mente a conquista de novos mercados.

Assim, qualquer ocorrência inesperada - mudanças no mercado, na indústria, alterações demográficas ou novos conhecimentos/técnicas - pode ser a oportunidade para a utilização da inovação (Navas, 2013b).

Neste sentido, destacadas empresas como a Allied Signal Aerospace Sector, a Chrysler Corp., a Emerson Electric, Ford Motor Co., a General Motors Corp., a Johnson & Johnson, Procter & Gamble, a 3M, a Siemens, a Phillips, LG Rockwell International, a UNISYS, Xerox Corporation e a Sony, têm utilizado a TRIZ, para potenciar as suas posições competitivas nos mercados (Marques, 2014).

Ao longo deste capítulo, vai ser desenvolvida a Teoria de Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ).

2.1 Introdução à Metodologia TRIZ

A Teoria de Resolução Inventiva de Problemas, mais conhecida pelo seu acrónimo TRIZ - Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch - é um conjunto de ferramentas de inovação, utilizadas na resolução de problemas de engenharia e de gestão (Terninko, et al., 1998).

Esta teoria começou a ser desenvolvida em 1946, por Genrich Saulovich Altshuller, na antiga União Soviética. Altshuller estudou patentes de diferentes áreas, com o objetivo de

descobrir alternativas mais eficazes aos vetustos métodos de solução criativa de problemas disponíveis - especialmente aqueles métodos puramente psicológicos: *Brainstorming*, *Lateral Thinking*, *Mind Map*. Esta abordagem diferenciou-se das anteriores, por se focar nos registros do produto criativo das áreas técnicas - as patentes. Altshuller e a sua equipa procuraram definir os processos envolvidos na obtenção das soluções criativas contidas nas patentes. Assim, ao estudar os problemas que tinham sido resolvidos de forma criativa, conseguiram retirar informações para utilização futura, na solução de outros problemas (Carvalho, et al., 2001).

Nas últimas décadas, a TRIZ tornou-se um conjunto de diferentes ferramentas práticas, que podem ser utilizadas, em conjunto ou separados, para resolução de problemas técnicos.

Geralmente, a estratégia da TRIZ para a solução de problemas pode ser resumida pela figura 2.1.

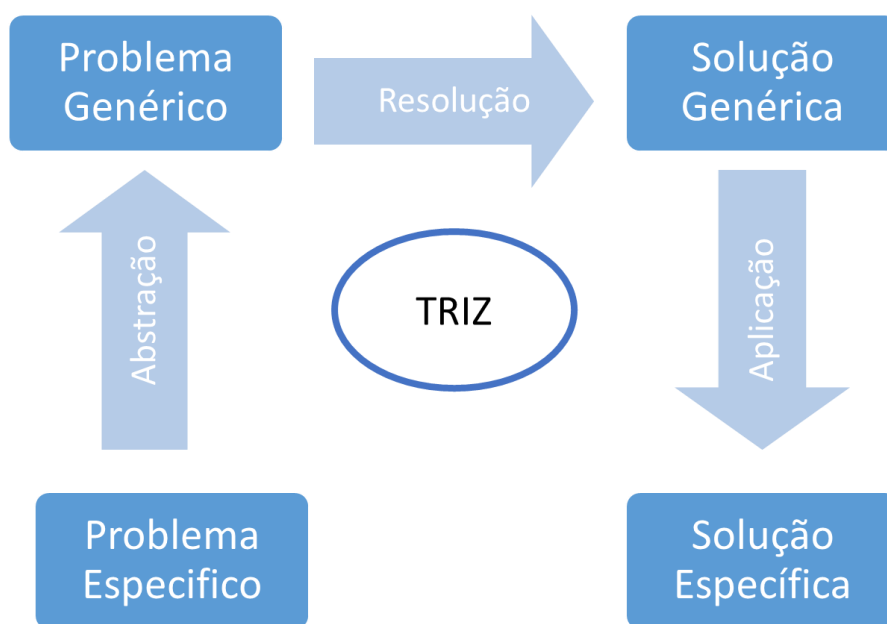


Figura 2.1 Estratégia da TRIZ Para a Solução de Problemas (Adaptado de Carvalho,2007)

A partir de uma situação concreta, são utilizadas ferramentas para a análise da situação problemática e formulação de uma hipótese de trabalho abstrata, logo, mais abrangente. De seguida, são utilizadas uma ou mais ferramentas, de forma a chegar a soluções

genéricas. Por fim, aplica-se a solução genérica ao caso concreto inicial, obtendo-se uma solução específica (Carvalho, 2007).

É essencial, para as organizações, serem capazes de medir o grau de inovação, para conseguirem estabelecer políticas e metas para a inovação a longo prazo.

Em 1946, Genrich Altshuller desenvolveu uma abordagem para a temática dos níveis de inovação e da sua medição. Altshuller examinou mais de um milhão e meio de patentes e chegou à conclusão de que o valor inventivo de diferentes invenções não é igual. Assim, sistematizou os resultados do estudo da seguinte forma (Navas, 2013b):

- **Nível 1** - Este nível não é considerado inovador. São soluções de rotina, utilizando métodos bem conhecidos na respetiva área da especialidade. (30% da totalidade).
- **Nível 2** - Pequenas correções em sistemas existentes, recorrendo a métodos conhecidos na indústria (45% da totalidade das soluções).
- **Nível 3** - Melhorias importantes, que resolvem contradições em sistemas típicos de um ramo da indústria (20% da totalidade das soluções).
- **Nível 4** - Soluções baseadas na aplicação de novos princípios científicos (4% da totalidade das soluções).
- **Nível 5** - Soluções inovadoras baseadas em descobertas científicas não anteriormente exploradas (1% da totalidade das soluções).

A Teoria da Resolução Criativa de Problemas vai ajudar na elaboração das soluções dos níveis 3 e 4, onde as técnicas tradicionais de engenharia e gestão não produzem resultados consideráveis.

2.2 Uma Definição para a TRIZ

“TRIZ é uma metodologia sistemática, pensada em função de um utilizador humano, baseada em conhecimentos para a resolução de problemas inventivos” (Savransky, 2000)

Esta definição está dividida em quatro partes, a seguir expostas.

- **Conhecimento** – A TRIZ é baseada em conhecimento, pelas seguintes razões:

- As heurísticas de resolução de problemas genéricos são retiradas de um vasto número de patentes em todo o mundo, em diferentes áreas da engenharia.
 - Utiliza conhecimentos das ciências naturais e da engenharia. Esta grande base de informação é resumida e reorganizada para uso eficiente durante a resolução de problemas.
 - Usa os conhecimentos sobre o domínio onde o problema ocorre. Este conhecimento inclui informação sobre o sistema em si, bem como os sistemas e processos semelhantes ou até mesmo opostos.
- **Utilizador Humano** - As heurísticas da TRIZ são orientadas para o uso humano e não para uso computacional. Para a maioria dos problemas que enfrentamos, que são repetidos uma e outra vez, é razoável usar computadores, mas na TRIZ, muitos dos problemas ocorrem apenas uma vez e, então, é mais eficaz utilizar o cérebro humano.
- **Sistemática** - Na TRIZ, sistemática tem dois significados:
 - Modelos genéricos, bem estruturados, para orientar a resolução de problemas;
 - Procedimentos para a resolução de problemas e as heurísticas sistematicamente estruturadas, a fim de proporcionar uma aplicação eficaz das soluções conhecidas para os novos problemas.
- **Solução inventiva de problemas** - A metodologia TRIZ tem como objetivo trazer mais criatividade nas resoluções de problemas:
 - O desconhecido aparece por causa das contradições do sistema;
 - Uma solução desconhecida pode ser temporariamente substituída por uma solução ideal imaginária;
 - Normalmente, a solução ideal pode ser obtida devido aos recursos do próprio ambiente;
 - Geralmente, a solução ideal pode ser projetada, a partir das tendências conhecidas da evolução técnica.

2.3 Conceitos e Características da TRIZ

A metodologia TRIZ é baseada em quatro conceitos fundamentais (Navas, 2013b):

- Sistemas Técnicos
- Contradições
- Idealidade
- Padrões de Evolução

2.3.1 Sistemas Técnicos

O estudo exaustivo dos sistemas técnicos e suas funções são a base e o fundamento para a TRIZ. Um sistema técnico é um objeto ou ação artificial, independentemente da sua natureza ou grau de complexidade, possuindo (Savransky, 2000):

- **Inputs e Outputs** - Representam o relacionamento entre o ambiente e o sistema técnico. Estes podem ser compostos por substâncias, campos e informação.
- **Subsistemas** - Um sistema técnico pode ter subsistemas relacionados pelo tempo e subsistemas relacionados pelo espaço.
- **Ligações** - Conectam os elementos individuais e as operações, formando subsistemas e, posteriormente, constituindo um sistema técnico.

2.3.2 Contradições

As contradições são indicadores dos problemas resultantes da aparente incompatibilidade das características desejadas dentro de um sistema/organização. Assim, ao resolver as contradições, consegue-se ultrapassar o problema. Existem dois grandes tipos de contradições: **contradições técnicas** e **contradições físicas** (Ilevbare, et al., 2013).

Contradição Técnica: Ocorre quando há uma tentativa de melhorar certos atributos ou funções de um sistema, levando à deterioração de outros.

Exemplo: Para aumentar a potência de um automóvel, sem comprometer consumos e emissões de CO₂.

Contradição Física: Ocorre quando a melhoria dos requisitos, incompatíveis entre si, se referem a um mesmo elemento do sistema.

Exemplo: Um Software deve ser fácil de usar mas, simultaneamente, ter várias ferramentas complexas e opções; as aeronaves de vigilância devem ser rápidas (por óbvias razões de segurança), mas capazes de moderar a sua velocidade, quando diretamente sobre o alvo, para otimizar a recolha de dados.

2.3.3 Idealidade

O conceito de idealidade refere-se à evolução dos sistemas técnicos ao longo do tempo, em que as funções técnicas se tomam mais úteis e mais fiáveis em detrimento de outras, entretanto inúteis e/ou prejudiciais. Segundo Altshuller (1999), a idealidade é uma medida de quão perto um sistema técnico se aproxima de ser o melhor possível, ou seja, a “máquina ideal”.

A idealidade de um sistema pode ser descrita pela seguinte expressão matemática (Ilevbare, et al., 2013):

$$Idealidade = \frac{\Sigma Efeitos Benéficos}{\Sigma Custos + \Sigma Efeitos Prejudiciais}$$

As funções benéficas incluem as seguintes (Navas, 2014):

- Funções úteis principais - a finalidade para a qual o sistema foi projetado;
- Funções auxiliares – as que apoiam as funções úteis.

Exemplos: funções corretivas, de controlo, de alojamento, de transporte, etc.

As funções nocivas incluem todos os fatores prejudiciais, associados ao sistema (por exemplo, custos, área ocupada, emissão de ruídos, gastos de energia, recursos necessários para a manutenção do sistema, etc.).

Existem vários outros conceitos derivados do mesmo conceito de idealidade, tais como: “Resultado Final Ideal”, “Solução Ideal”, “Produto Ideal” e “Processo Ideal”, etc.

Uma solução é considerada como uma Solução Ideal, se se verificar a obtenção de uma nova característica benéfica ou a eliminação de uma prejudicial, não podendo ser acompanhada pela degradação de outras características ou pelo aparecimento de novas características prejudiciais.

Ora, um dos objetivos da TRIZ é, precisamente, aumentar a idealidade. Como na equação acima espelha, esta pode ser alcançada por um ajuste, de maneira a encontrar um meio para aumentar os benefícios fornecidos pelo sistema, reduzindo os custos dos recursos utilizados, no sentido de fornecer os benefícios, ou reduzir os efeitos prejudiciais (ou saídas indesejadas), tornando os sistemas mais eficientes, mais confiáveis, mais simples, e com maior capacidade de atender às necessidades dos utilizadores.

Para concluir, a idealidade pode ser utilizada para melhorar, tanto os sistemas existentes, como também na criação de novas tecnologias ou novos sistemas, com o objetivo de cumprir funções específicas.

2.3.4 Padrões de Evolução

A análise de patentes, principalmente aquelas consideradas com alto nível de inovação, revelou que a mesma contradição solucionada em diferentes épocas, revela algumas semelhanças no seu desenvolvimento.

Segundo Altshuller (2002), os Padrões de Evolução podem ser utilizados para resolver problemas bastante complexos, prevendo a evolução dos sistemas e criando, ou até mesmo melhorando, as ferramentas usadas para resolver problemas inventivos.

Existem oito Padrões de Evolução (Gadd, 2011):

1. **Aumento da Idealidade** - O sistema tornar-se melhor e mais barato, consegue mais benefícios e / ou funcionalidades, enquanto os custos (entradas - tudo o que se deve pagar) e os efeitos nocivos (saídas que não são desejadas) diminuem.

2. Etapa da evolução de um sistema técnico que é representado pela curva S –

A curva S mostra o desempenho principal de um sistema e as mudanças ao longo do tempo. Os estágios evolutivos em uma S - curva são (figura 2.2):

1. Desenvolvimento do sistema, para funcionar corretamente e criação dos processos de fabricação do dispositivo.
2. Colocação do sistema no mercado (seguido de melhorias rápidas, devido ao feedback do mercado).
3. Observação do rápido aumento da idealidade - mais benefícios, menos custos e menos danos.
4. Manutenção do sistema no mercado, na fase de maturidade, por tanto tempo quanto possível, porque nesta fase é quase sempre muito rentável.

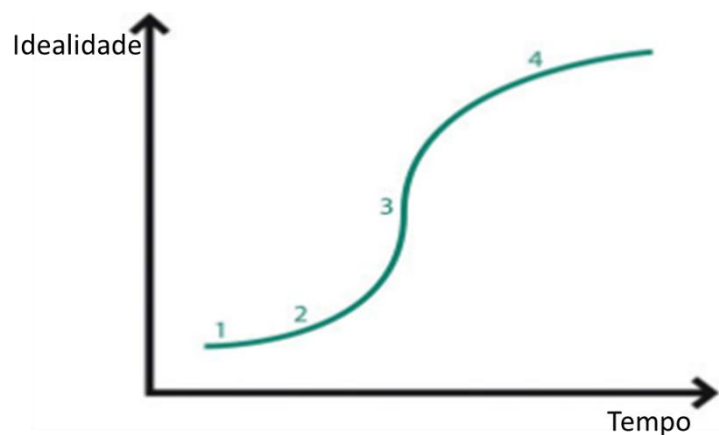


Figura 2.2- Curva S que Representa a Evolução de um Sistema Técnico (Adaptado de Gadd,2011)

3. **Diminuição da intervenção humana –** O aumento da idealidade leva a um sistema completamente automático.
4. **Desenvolvimento não uniforme dos elementos do sistema** - Propõe que cada componente do sistema tenha a sua própria curva em S. Assim, componentes diferentes têm uma evolução diferente, atingindo os seus limites inerentes em momentos diferentes.

5. **Simplicidade – Complexidade – Simplicidade** – A complexidade é aumentada nos sistemas e, em seguida, opera-se no sentido da sua simplificação. Quando os sistemas adicionam funções, a tendência é um aumento da complexidade, mas ao longo do tempo os sistemas acabam por ser mais simples, fornecendo o mesmo ou até mais que um sistema complexo.
6. **Aumento da dinamização, flexibilidade e controlo** - Com o aumento do dinamismo e controlabilidade, os sistemas tornam-se mais flexíveis ao longo do tempo e mais fáceis de controlar.
7. **Transição de um nível macro a micro com o uso de campos** - O uso de campos transforma os sistemas tecnológicos macro para micro-sistemas, nos quais são utilizados diferentes tipos de campos, para obter um melhor desempenho e controlo durante esta transição.
8. **Compatibilidade e incompatibilidade dos elementos** - Os elementos que constituem o sistema devem ser compatíveis ou incompatíveis, para melhorar o desempenho do sistema ou compensar os efeitos indesejados. É a configuração de elementos que, por vezes, pode estender o ciclo de vida de um sistema ou até mesmo criar um novo sistema.

2.4 Ferramentas e Técnicas da TRIZ

Ao longo dos anos Gerich Alshuller desenvolveu várias ferramentas e técnicas de entre as quais se destacam: Os 40 Princípios de Invenção e a Matriz de Contradições, 76 Soluções-Padrão, Princípios da Separação, Padrão da Evolução dos Sistemas Técnicos, Idealidade, Análise de Funções, Análise Substância-Campo (*SuField*), Análise de Sistemas de Recursos, Nove Janelas, Ferramentas Criativas e o ARIZ-Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas.

Nesta dissertação vão ser destacadas as ferramentas com mais relevância:

- Princípios Inventivos e Matriz de Contradições
- Análise Substância – Campo (*SuField*)
- ARIZ-Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas

2.4.1 Princípios de Invenção e Matriz de Contradições

A matriz de contradição é, de todas as ferramentas, a mais utilizada desta metodologia, sendo constituída por 39 parâmetros de engenharia (tabela 2.1) e 40 princípios inventivos (tabela 2.2) (Navas, 2013b).

Esta Matriz de Contradições (Anexo A) é construída através de seguintes passos:

- Identificar o parâmetro de engenharia a ser melhorado (linhas);
- Identificar a contradição, ao melhorar o parâmetro de engenharia escolhido (colunas);
- Cruzar as linhas com as colunas, para saber os princípios inventivos correspondentes.

Na tabela 2.1 encontram-se os parâmetros de engenharia.

Tabela 2.1-Parâmetros de Engenharia (Adaptado de Altshuller, 1995)

1.Peso (objeto móvel)	21.Potência
2.Peso (objeto estacionário)	22.Perda de Energia
3.Comprimento (objeto móvel)	23.Perda de massa
4.Comprimento (objeto estacionário)	24.Perda de informação
5.Área (objeto móvel)	25.Perda de Tempo
6.Área (objeto estacionário)	26. Quantidade de matéria
7.Volume (objeto móvel)	27. Fiabilidade
8.Volume (objeto estacionário)	28.Precisão de medição
9.Velocidade	29.Precisão de fabrico
10.Força	30.Factores prejudiciais que afetam o objeto
11. Esforço ou Pressão	31. Efeitos colaterais prejudiciais
12.Forma	32.Manufaturabilidade
13.Estabilidade do objeto	33.Conviência de uso
14.Resistência	34.Reparabilidade
15.Durabilidade (objeto móvel)	35.Adaptabilidade
16.Durabilidade (objeto estacionário)	36.Complexidade do dispositivo
17.Temperatura	37.Complexidade do controlo
18.Clareza	38.Nível de automação
19.Energia dispensada (objeto móvel)	39.Produtividade
20.Energia dispensada (objeto estacionário)	

Os princípios inventivos, tabela 2.2, servem para solucionar as contradições entre os parâmetros técnicos, tabela 2.1.

Tabela 2.2-40 Princípios Inventivos (Adaptado de Altshuller, 1995)

1.Segmentação	21.Corrída apressada
2.Extração	22.Conversão de prejuízo em proveito
3.Qualidade local	23.Reação
4.Assimetria	24.Mediação
5.Combinação	25.Auto-serviço
6.Universalidade	26. Cópia
7.Nidificação	27. Objeto económico com vida curta em vez de outro dispendioso e durável
8.Contrapeso	28.Substituição do sistema mecânico
9.Contra-ação prévia	29.Utilização de sistemas pneumáticos e hidráulicos
10. Ação prévia	30.Membranas flexíveis ou películas finas
11.Amortecimento prévio	31.Utilização de materiais porosos
12.Equipotencialidade	32.Mudança de cor
13.Inversão	33.Homogeneidade
14.Esfericidade	34.Rejeição e recuperação de componentes
15.Dinamismo	35.Transformação do estado físico ou químico
16.Ação parcial ou excessiva	36.Mudança de fase
17.Transição para uma nova dimensão	37.Expansão térmica
18.Vibrações mecânicas	38.Utilização de oxidantes fortes
19.Ação periódica	39.Ambiente inerte
20.Continuidade de uma ação útil	40.Materiais compósitos

As definições dos parâmetros de engenharia e dos 40 princípios inventivos encontram-se no Anexo B.

2.4.2 Análise Substância - Campo (*SuField*)

A Análise Substância Campo é um conceito básico usado para identificar, com eficácia e integridade, os problemas relacionados com um sistema técnico e, posteriormente, para encontrar soluções inovadoras para a resolução desses mesmos problemas. Considerada uma das ferramentas mais úteis na metodologia TRIZ, *SuField*-Análise Substância, é capaz não só de modelar um sistema numa abordagem gráfica simples e identificar os problemas, mas também oferecer soluções padronizadas para sua melhoria. (Mao, et al., 2007).

Um sistema técnico na *SuField* é criado para executar algumas funções. A função desejada é a saída de um objeto ou substância (S1), causada por um outro objeto ou substância (S2) com a ajuda de um campo (tipos de energia, F) -figura 2.3.

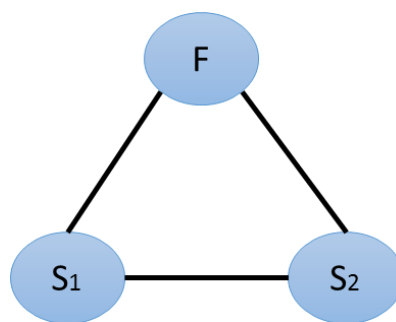


Figura 2.3-Sistema Completo (Fey, et al., 1997)

O S1 é utilizado para representar um objeto que tem de ser manipulado. O S2 é uma ferramenta para agir, de acordo com S1, criando benefícios ou danos. Ambas as substâncias podem ser simples ou complexas, como um grande sistema com muitos componentes. O campo é a energia necessária, para permitir a interação entre as substâncias, podendo ser (Savransky, 2000):

- Mecânico
- Térmico
- Químico
- Elétrico
- Magnético

A função é modelada em forma de triângulos e, através de diferentes tipos de linhas, consegue-se identificar o que está ou não correto.

Existem umas definições essenciais para entender melhor esta ferramenta da metodologia TRIZ (Gadd, 2011):

- **Substância** é qualquer objeto, não importa a sua complexidade, sendo referenciado como S1, S2, S3, etc.
- A substância pode representar sistemas inteiros, subsistemas, objetos individuais, ferramentas ou artigos como, por exemplo: submarinos, parafusos, engenheiros, etc.
- A substância S1 é alterada, tratada, transformada, inspecionada.
- A ação é realizada pela substância S2.
- O campo F fornece a energia e a força que garantem a reação de S2 em relação a S1 ou a sua mútua interação.
- Estes três elementos são necessários para a resolução do problema.

Na figura seguinte (figura 2.4), estão representadas as diferentes etapas para a construção de um modelo funcional (Altshuller, 1999):

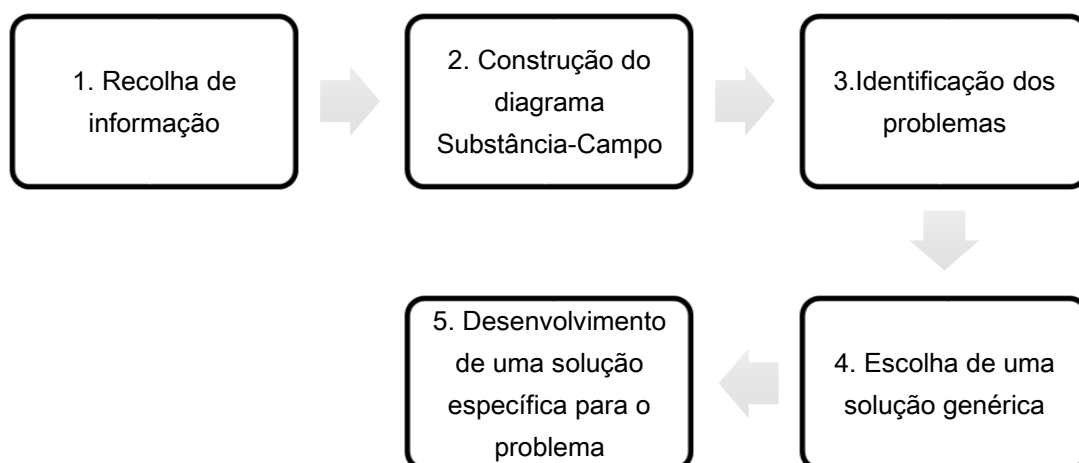






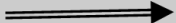

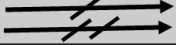


Figura 2.4-Diferentes Etapas para a Construção de um Modelo Funcional (Adaptado de Altshuller, 1999)

Para construir os diagramas Substâncias-Campo, utiliza-se uma notificação específica para representar as relações existentes entre as substâncias em análise (tabela 2.3).

Tabela 2.3-Notação Utilizada nos Modelos de Substância-Campo (Adaptado de Savransky, 2000)

Símbolos	Significado
	Conexão (normal)
	Ação ou efeito desejado
	Inatividade
	Ação ou efeito desejado
	Ação ou efeito prejudicial
	Quebra de conexão
	Operador de soluções
	Interação
	Varias ações

Existem quatro modelos básicos de Substância-Campo (Terninko, 2000):

1. **Sistema Completo** (figura 2.3)
2. **Sistema Incompleto** - Requer completá-lo ou construir um novo sistema (figura 2.5).

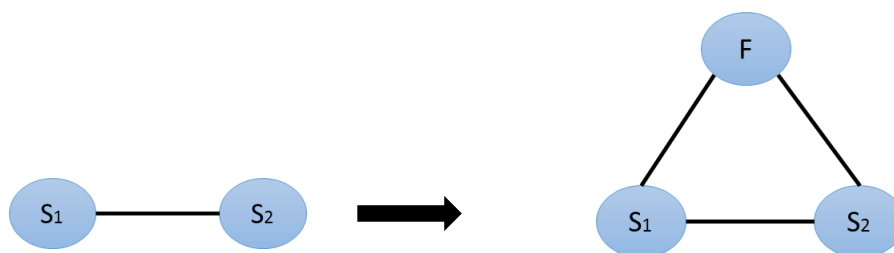


Figura 2.5-Sistema Incompleto

3. **Sistema completo insuficiente ou ineficiente** - É necessário melhorar o sistema, modificando as substâncias e o campo ou até mesmo utilizando uma nova substância para criar o efeito desejado (figura 2.6).

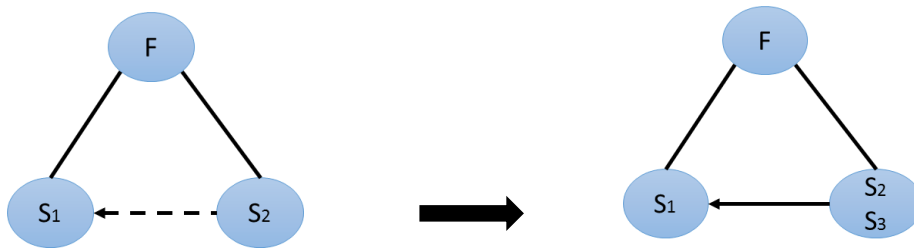


Figura 2.6-Sistema Completo Insuficiente ou Ineficiente

4. Sistema completo com efeito prejudicial – É necessário eliminar o efeito negativo, criando um novo campo com uma nova substância (figura 2.7).

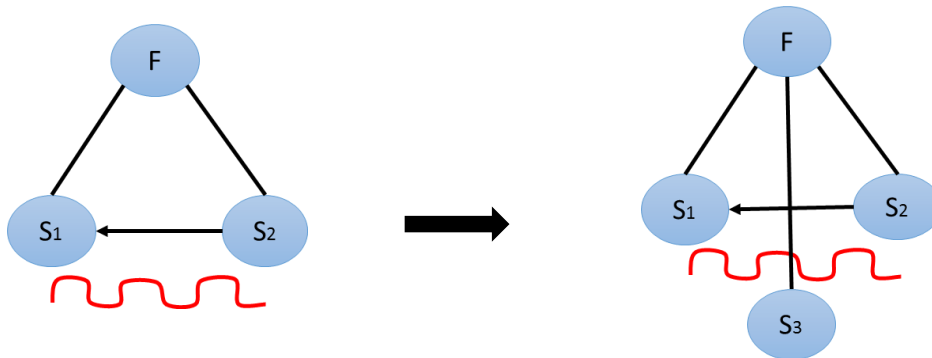


Figura 2.7-Sistema Completo com Efeito Prejudicial

Esta ferramenta da metodologia TRIZ tem 76 soluções-padrão que estão divididas em 5 classes (Gadd, 2011):

1. Construção ou destruição de Substância-Campo (13 soluções) (tabela 2.4)
2. Desenvolvimento de uma Substância-Campo (23 soluções) (tabela 2.5)
3. Transição de um sistema base para um supersistema ou para um subsistema (6 soluções) (tabela 2.6)
4. Medição ou detecção de qualquer coisa dentro de um sistema técnico (17 soluções) (tabela 2.7)
5. Introdução de substâncias ou campos dentro de um sistema técnico (17 soluções) (tabela 2.8)

Nas próximas 5 tabelas, estão descritas as 5 classes, perfazendo as 76 soluções-padrão.

Tabela 2.4-Classe 1 Construção ou Destruição de Substância-Campo (13 soluções)(Adaptado de Gadd,2011)

Classe 1- <u>Construção ou destruição de Substância-Campo</u> (13 soluções)
Resolve os problemas do sistema, com a construção ou a destruição de um modelo Campo-Substância, se este for incompleto ou se tiver funções prejudiciais.
1.1 Construção de um modelo Substância-Campo – adicionar um campo ou uma substância.
1.2 Destruição de um modelo Substância-Campo -Eliminar, neutralizar ou isolar o impacto negativo de uma substância ou campo

Tabela 2.5- Classe 2- Desenvolvimento de uma Substância-Campo (23 soluções) (Adaptado de Gadd,2011)

Classe 2- <u>Desenvolvimento de uma Substância-Campo</u> (23 soluções)
Melhora a eficiência dos sistemas através da introdução de pequenas modificações.
2.1 Adição de novas substâncias ou campos para melhorar as ações insuficientes.
2.2 Mudança das substâncias, para aumentar a eficácia das ações.
2.3 Aplicação por ritmos correspondentes.
2.4 Modelos de campo ferromagnético (modelos Substância-Campo complexos)

Tabela 2.6- Classe 3 -Transição de um Sistema Base para um Supersistema ou para um Subsistema (6 soluções) (Adaptado de Gadd,2011)

Classe 3- <u>Transição de um sistema base para um supersistema ou para um subsistema</u> (6 soluções)
Busca de soluções para melhorar a insuficiência, num supersistema ou subsistema. Sugere formas de aplicar padrões de evolução dos sistemas tecnológicos: maior complexidade, aumento do dinamismo e maior capacidade de controlo.
3.1 Transição para um supersistema, para bi-sistemas e poli-sistemas.
3.2 Transição para um subsistema.

Tabela 2.7- Classe 4- Medição ou Detecção Dentro de um Sistema Técnico
(Adaptado de Gadd,2011)

Classe 4- <u>Medição ou detecção dentro de um sistema técnico</u> (17 soluções)
Soluções para alterar um sistema de modo a que não haja necessidade de medir ou detetar.
4.1 Métodos indiretos.
4.2 Criação de um sistema de medição, através da adição de elementos ou campos
4.3 Melhoramento do sistema de medição.
4.4 Transição para ferro-campo modelos.
4.5 Direção da evolução de sistemas de medição.

Tabela 2.8-Classe 5-Introdução de Substâncias ou Campos Dentro de um Sistema Técnico (Adaptado de Gadd,2011)

Classe 5 <u>Introdução de substâncias ou campos dentro de um sistema técnico</u> (17 soluções)
São abordagens sofisticadas para a simplificação do sistema. Recomenda a introdução de novas Substâncias, ou Campos, ou métodos mais eficazes do que nas quatro classes anteriores.
5.1 Introdução de Substâncias.
5.2 Introdução de Campos.
5.3 Transição de fase.
5.4 Uso inteligente dos fenómenos naturais.
5.5 Soluções-Padrão experimentais.

Estas 76 soluções-padrão podem ser englobadas e generalizadas em 7 soluções gerais (Navas, 2013b).

Para se entender melhor estas soluções gerais, recorre-se a um caso prático simples: Uma operação contém algumas peças com características fora das especificações.

- **Solução Geral 1-** Complementar um modelo Substância- Campo que se encontre incompleto (figura 2.8).

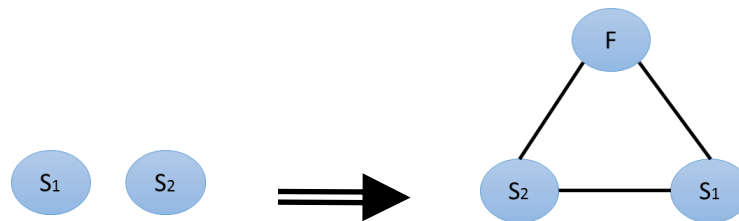


Figura 2.8-Solução Geral 1

Caso Prático: A possível solução é inspecionar as peças antes da operação, colocando de lado os componentes defeituosos e mantendo apenas as peças sem defeito. Assim, o modelo torna-se completo.

Um sistema de fixação de uma ferramenta que é usada para uma determinada operação danifica as superfícies laterais da peça.

- **Solução Geral 2-** Modificar a substância S2, para eliminar/ reduzir o impacto negativo ou para produzir/melhorar o impacto positivo (figura 2.9).

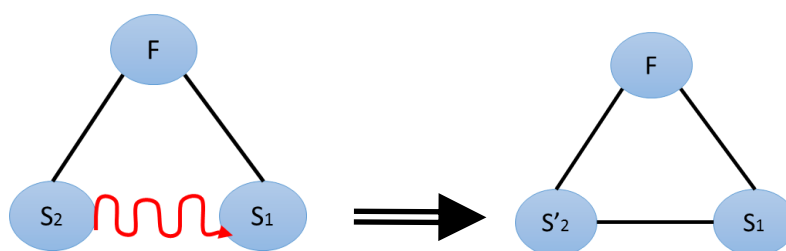


Figura 2.9-Solução Geral 2

Caso Prático: A possível solução é substituir a fixação da ferramenta por uma nova ou modificar a atual, com o objetivo de eliminar ou reduzir os danos nas superfícies laterais das peças. Assim, consegue-se reduzir ou eliminar a interação prejudicial.

- **Solução Geral 3-** Modificar a substância S1, para eliminar/reduzir o impacto negativo ou para produzir/melhorar o impacto positivo (figura 2.10).

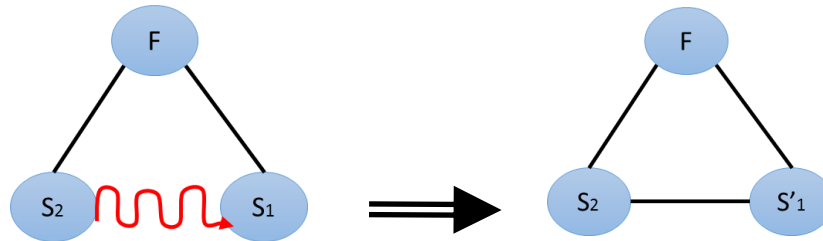


Figura 2.10-Solução Geral 3

Caso Prático: Uma possível solução é criar uma proteção para as superfícies laterais da peça de trabalho e, assim, a interação prejudicial é reduzida ou eliminada.

- **Solução Geral 4-** Modificar o campo F para eliminar/reduzir o impacto negativo ou para produzir/ melhorar o impacto positivo (figura 2.11).

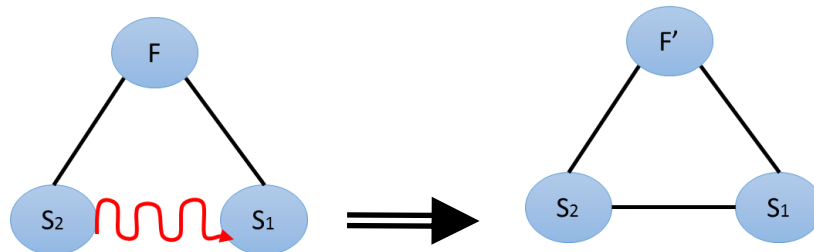


Figura 2.11-Solução Geral 4

Caso Prático: A possível solução é mudar/melhorar o processo tecnológico da operação e, mantendo-se a mesma substância, reduzindo ou eliminando, desta forma, os impactos negativos.

- Solução Geral 5- Eliminar, neutralizar ou isolar o impacto negativo, utilizando outro campo F_x que interaja com o sistema (figura 2.12).

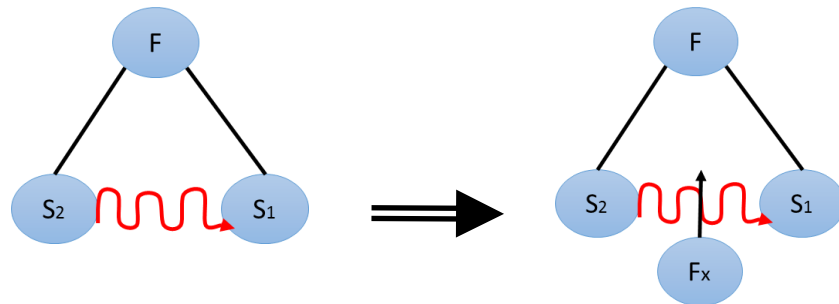


Figura 2.12-Solução Geral 5

Caso Prático: O processo tecnológico da operação está a criar tensões significativas nas superfícies das peças. A solução é introduzir um tratamento térmico para eliminar/reduzir as tensões nas superfícies das peças.

- Solução Geral 6 – Introduzir um novo campo positivo (figura 2.13).

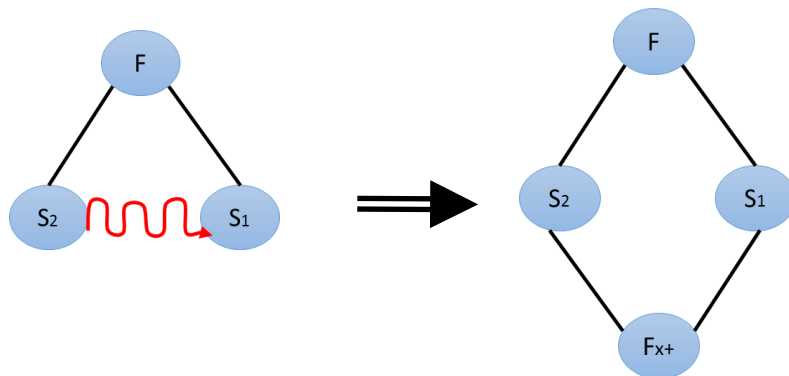


Figura 2.13-Solução Geral 6

Caso Prático: Uma possível solução específica é a introdução de um campo positivo. Ao introduzir a TRIZ, ou até mesmo a filosofia Lean, irá reduzir os efeitos negativos no sistema.

- Solução Geral 7- Expandir um modelo Substância-Campo existente para um novo sistema em cadeia (figura 2.14).

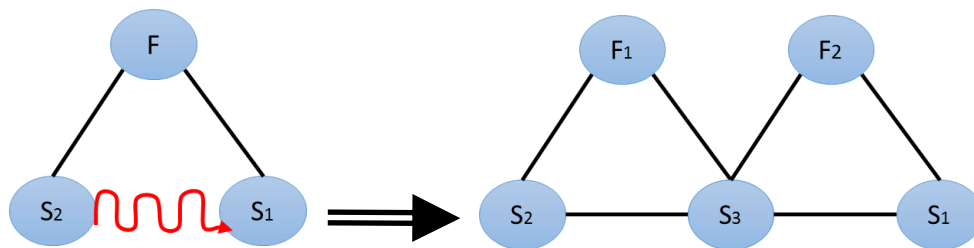


Figura 2.14-Solução Geral 7

Caso Prático: É complicado aos designers obterem um *feedback* direto dos clientes sobre um novo produto. Uma solução específica pode ser obter *feedback* dos clientes, através do departamento de marketing e do de vendas.

2.4.3 Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas (ARIZ)

O ARIZ é uma sigla russa que significa “Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas”. É uma ferramenta analítica importante para a solução de problemas. Esta ferramenta é um programa algoritmo sequencial, que descreve a sequência de ações que devem ser feitas para identificar e resolver as contradições, ou seja, para resolução inventiva de problemas (figura 2.15). ARIZ é um processo lógico estruturado, que faz evoluir, de forma incremental, um problema complexo para um ponto que se torna simples de resolver (Navas, 2013a).

A versão ARIZ mais utilizada atualmente contém cerca de 85 etapas. A mais recente versão do ARIZ tem cerca de 100 passos.



Figura 2.15-Ferramenta ARIZ (Adaptado de Navas,2013)

Os principais passos do ARIZ são os seguintes (Gadd, 2011):

- **Passo 1: Definição do Problema**

Esta primeira etapa é para, entendendo bem o sistema e o seu objetivo, apurar qual é o problema (figura 2.16).

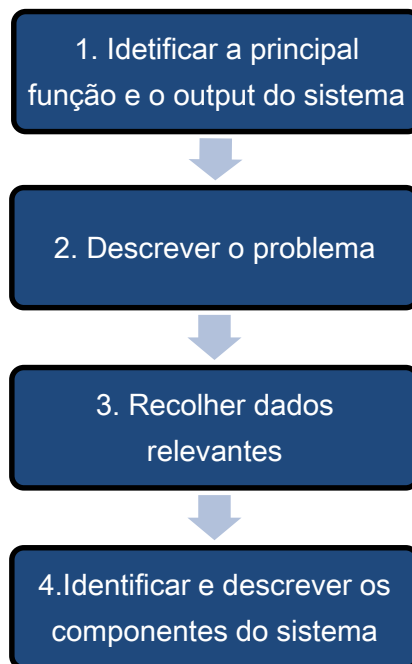


Figura 2.16- Definição do Problema (Adaptado de Gadd,2011)

- **Passo 2: Detetar as contradições do sistema**

No ARIZ é necessário procurar as contradições que estão no centro do problema. Como já foi referido anteriormente, estas podem ser:

- Contradições Técnicas: ocorrem quando a melhoria de um atributo provoca danos noutro atributo.
- Contradições Físicas: ocorrem quando dois requisitos incompatíveis entre si se referem ao mesmo elemento dentro do sistema.

- **Passo 3: Análise dos conflitos no sistema e formulação de mini Problemas**

Esta etapa é muito importante para o algoritmo ARIZ, já que aqui é feita a escolha de como lidar com a contradição que foi selecionada durante a Fase 2. Qualquer que seja o percurso escolhido, no final vai ser formulado um “mini – problema”, que corresponde a um novo problema que, se resolvido, irá resultar na solução do problema original (figura 2.17).

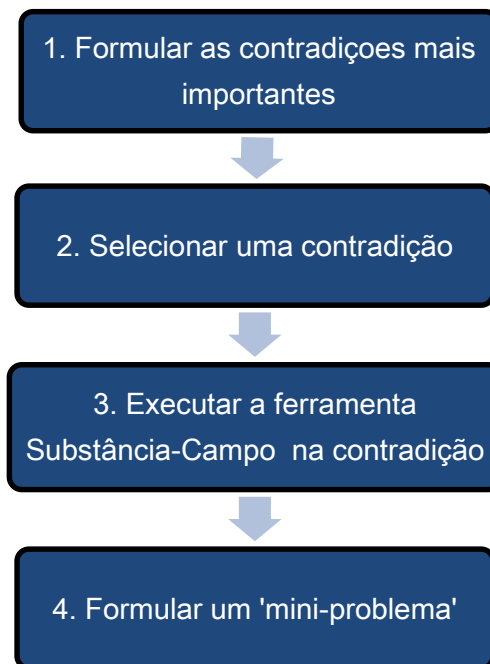


Figura 2.17-Análise dos Conflitos no Sistema e Formulação de Mini Problemas (Adaptado de Gadd,2011)

- **Passo 4- Análise de Recursos**

Nesta etapa é definida a zona, ou seja, o tempo e o espaço onde ocorre a contradição. É importante focar o local exato e o momento certo para procurar os recursos mais próximos à área do problema (figura 2.18).

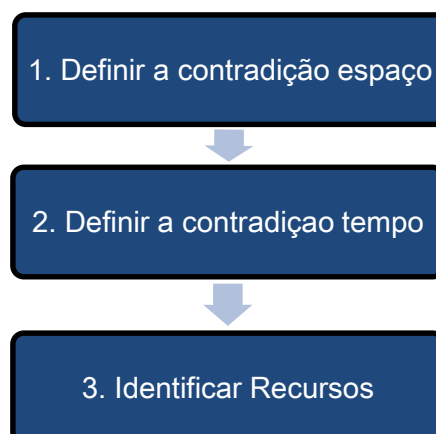


Figura 2.18-Análise de Recursos (Adaptado de Gadd,2011)

Na metodologia TRIZ, “recurso” é definido de uma forma bastante ampla: um recurso é tudo aquilo que pode ser utilizado para resolver um problema e melhorar o sistema, sem necessidade de grandes despesas.

- **Passo 5- Desenvolvimento de soluções conceptuais**

Neste último passo, representado pela figura 2.19, procura-se soluções conceptuais que são compostas pelos recursos disponíveis. Por sua vez, examina-se cada recurso como o provedor de uma solução, ou seja, a solução que vai resolver o “mini-problema” identificado anteriormente.

O passo seguinte é a formulação de uma solução ideal. Este desiderato só é atingido, caso se obtenha uma nova característica benéfica ou se elimine uma prejudicial, desde que não acompanhada pela degradação de outras características, ou, ainda, pelo aparecimento de novas características (Navas, 2013a).

A solução ideal é em seguida transformada em contradição física mais pormenorizada. A eliminação da contradição física baseia-se num dos três princípios:

- Separação temporal das propriedades antagónicas;
- Separação espacial das propriedades antagónicas;
- Separação das propriedades antagónicas, por redistribuição das mesmas no interior do sistema.

Se o processo ARIZ não conseguir resolver o problema, este deve voltar a escolher um recurso e repetir o processo.

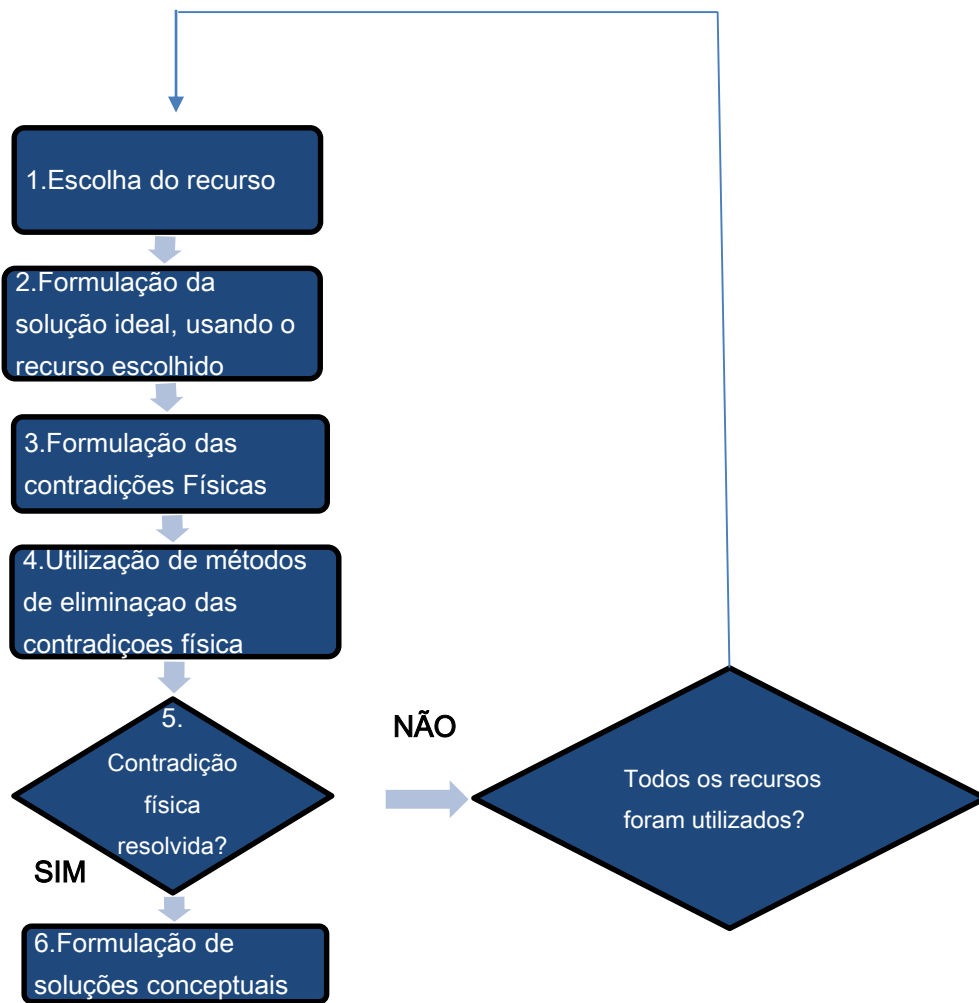


Figura 2.19-Desenvolvimento de Soluções Conceptuais (Adaptado de Gadd,2011)

3. Estudo de Caso

Neste capítulo será apresentado o caso de estudo desenvolvido nesta dissertação onde posteriormente será aplicado a metodologia TRIZ a uma linha de produção de bolachas. A linha em estudo é a linha 3 da unidade fabril da Póvoa de Santa Iria onde são produzidas os crackers. Foi proposto por o engenheiro responsável da manutenção devido a um problema existente.

3.1 DanCake S.A.

A DanCake S.A. é uma empresa portuguesa fundada em 1978, que tem como atividade principal o desenvolvimento, produção e comercialização de bolos, bolachas, biscoitos, tostas e outros produtos de pastelaria, alguns deles representados na figura 3.1.



Figura 3.1-Alguns Produtos Produzidos e Comercializados pela Dancake (Dancake, 2015)

Esta empresa tem duas fábricas em Portugal: na Póvoa de Santa Iria e em Coimbra que, no total, têm 19 linhas de produção, com uma capacidade de 55 toneladas. Em 2012 atingiu

o volume de negócios no valor de 50 milhões e, atualmente, exporta para 82 países, representando a exportação 75% do volume total de vendas.

A qualidade dos produtos DanCake é reconhecida anualmente pelo certificado, com o 'Nível Superior' ("*Higher Level*"), *British Retail Consortium* (BRC) e o *International Food Standard* (IFS). Por outro lado, a DanCake aposta na inovação constante e antecipa mudanças no consumidor, permitindo uma abordagem a diferentes mercados. Para isso existe um departamento de I&D, que trabalha no desenvolvimento de inovações e reformulação dos produtos.

Com mais trinta anos de atividade e uma posição solidificada no mercado de biscoitos e pastelaria de conservação, a nível nacional e internacional, a DanCake é uma empresa que procura adaptar-se às novas preocupações do dia-a-dia do consumidor, não menosprezando as preocupações ao nível de saúde e nutrição, com o objetivo de contribuir para um estilo de vida mais equilibrado.

3.1.1 Organização da Empresa

A estrutura organizacional da DanCake encontra-se dividida em quatro direções, dez áreas funcionais e dezassete departamentos, reportando todas elas ao Diretor Geral.

Na Direção Administrativa e Financeira, encontram-se os seguintes departamentos: controlo financeiro, controlo industrial, financeiro, contabilidade e serviço jurídico.

Na Direção de Operações estão inseridos os departamentos de produção, manutenção, armazém, planeamento logístico, serviço ao cliente, transportes e compras.

Na Direção de Novos Negócios e Inovação, está apenas o departamento de desenvolvimento e, por fim, na área dos recursos humanos, estão incluídos os departamentos de gestão de recursos humanos, SHST e ambiente e serviços gerais.

Na figura 3.2 está representado o organigrama simplificado da empresa.

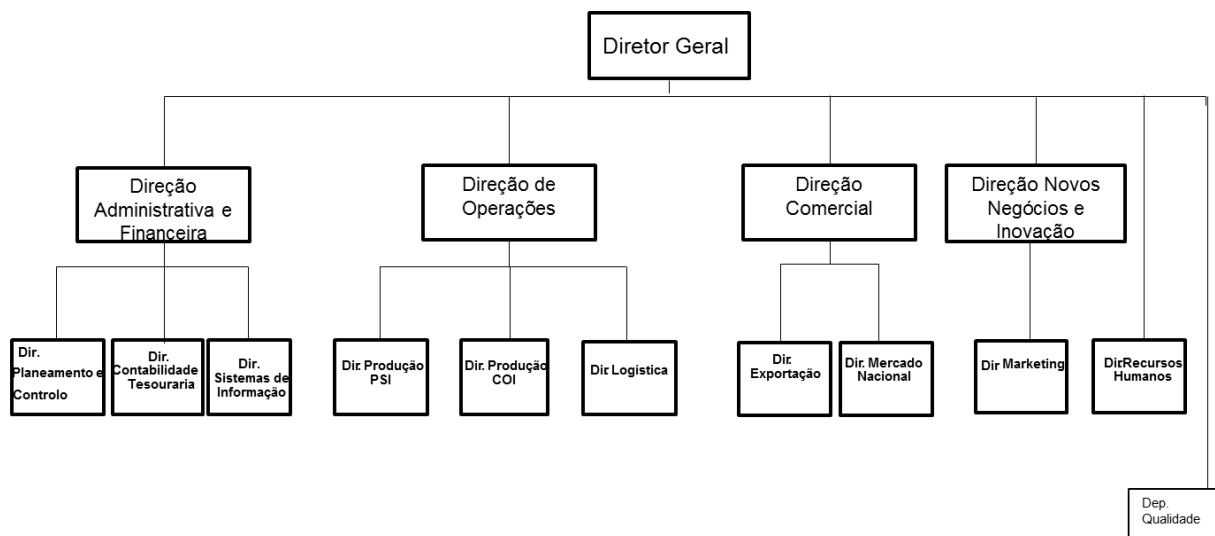


Figura 3.2-Organograma Simplificado da Empresa

No Anexo C encontra-se o organograma completo da DanCake.

3.1.2 Caracterização da Unidade Fabril de Santa Iria

Para assegurar a produção e funcionamento da unidade fabril da Póvoa de Santa Iria (figura 3.3), a DanCake conta com a colaboração de 185 colaboradores. A empresa aposta na formação contínua dos seus trabalhadores, para manter a boa qualidade dos seus produtos e o bom funcionamento da fábrica.



Figura 3.3-Unidade Fabril da Póvoa de Santa Iria

Atualmente existem 8 linhas de produção em funcionamento:

- L1-Bolachas
- L2-Folhados
- L3- *Crackers*
- L4-Tortas
- L7-Bolos
- L8-Tostas Suecas
- L10- Tostas de Luxo

Na unidade fabril de Santa Iria produz-se, maioritariamente, com base nas encomendas dos clientes, por outro lado, também se produz de forma a manter um nível de *stock* adequado. Depois da receção das encomendas, esta é analisada e transmitida ao planeamento que dá ordem de fabrico à produção, após a verificação do *stock*. Produtos como as tortas e bolos, têm um prazo de validade pequeno (até quatro meses), o seu nível de *stock* é muito reduzido.

3.2 Linha 3-Produção das Bolachas Crackers

Os *crackers*, mais conhecidas por bolachas de água e sal, existem em três tipos diferentes deste produto: com sal à superfície, sem sal à superfície e integrais (figura 3.4).



Figura 3.4 -Bolachas *Crackers*

Estas bolachas são compostas por farinha de trigo, matéria gorda vegetal de palma, sal (1.1%), extrato de malte de cevada, regulador de acidez (E500ii), levedura e farinha de malte de cevada. O produto final são pacotes de quinhentos gramas que são constituídos por catorze embalagens pequenas com cerca de cinco bolachas.

É importante realçar, para ter uma estimativa da quantidade produzida diariamente, que a DanCake tem a sua própria marca, mas também produz para marcas brancas, como o Pingo Doce e Continente. Atualmente, estas bolachas são muito apreciadas pelos consumidores, que gostam de embalagens individuais para um *snack*.

3.2.1 Processo de Fabrico dos *Crackers*

O processo de fabrico dos *crackers* inclui as etapas representadas no fluxograma (figura 3.5). As etapas que apresentam um tracejado são facultativas e dependem do tipo de *crackers* a fabricar.

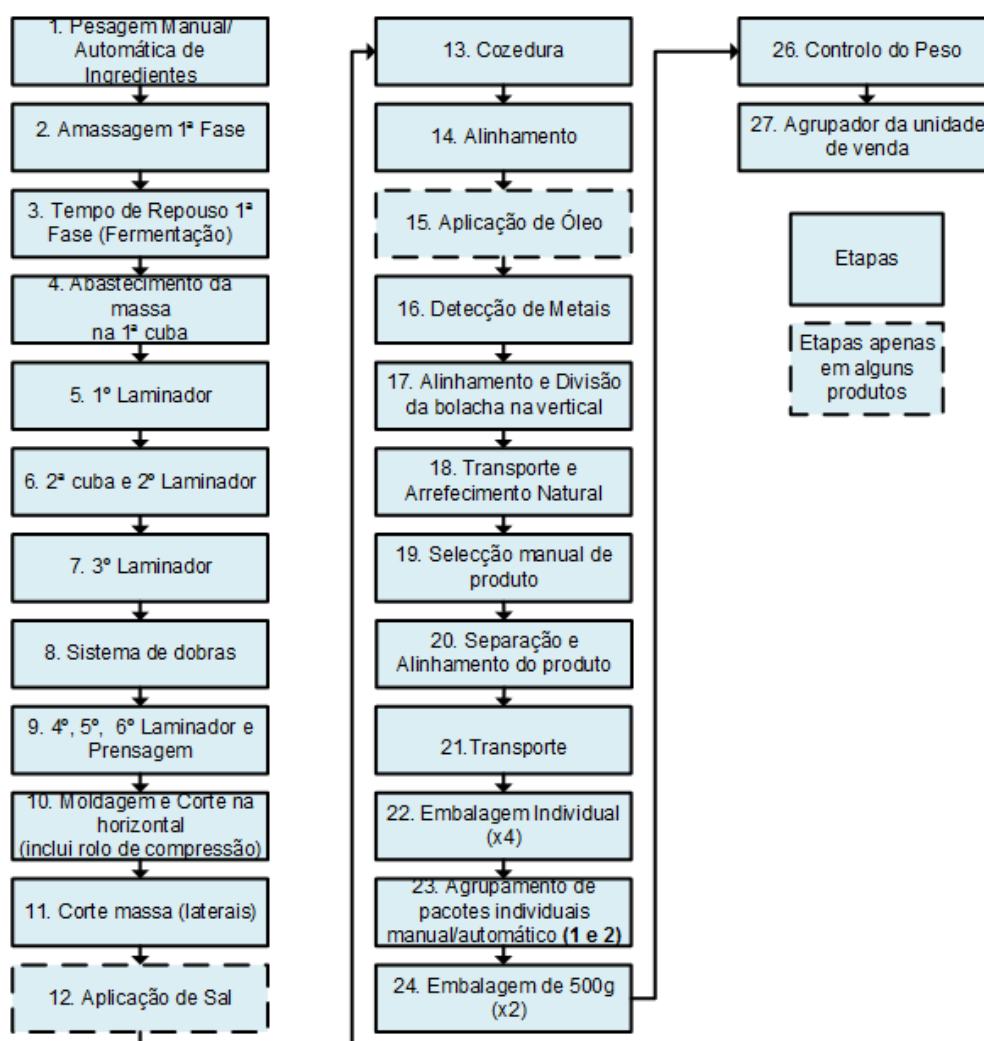


Figura 3.5 -Fluxograma dos *Crackers*

As principais etapas deste processo são:

- **Amassagem** - É um dos processos que requer maior cuidado, pois cada farinha requer uma quantidade de água diferente. Nesta etapa, todas as matérias-primas são misturadas e amassadas, de maneira a ficar uma massa homogênea.
- **Laminador** - O objetivo deste processo é adelgaçar cada vez mais o manto de massa, de forma regular, para ficar com a espessura pretendida.
- **Corte da massa** - Aqui é feito o corte da massa, para obter as dimensões do produto final.
- **Cozedura** - Durante este processo, a bolacha sofre três tipos de alterações:
 - alterações das dimensões;
 - perda de humidade;
 - desenvolvimento da cor e aroma.
- **Seleção manual do produto** - Aqui é feita uma seleção das bolachas, sendo retiradas as que apresentam defeitos. Se as bolachas defeituosas forem em quantidade reduzida, estas são moídas e inseridas numa nova massa, por outro lado, se estas forem uma quantidade significativa, são reaproveitadas para ração animal.

Por fim, é importante referir que a linha 3 tem cerca de 27 operadores.

No Anexo D, encontra-se o *layout* completo da linha 3, com as principais etapas assinaladas.

3.3 Overall Equipment Effectiveness

Antes de identificar o problema, é necessário fazer uma breve revisão bibliográfica.

O *OEE* é uma métrica quantitativa para medir e analisar a produtividade de uma linha de produção, sendo um indicador de desempenho, mas que também indica oportunidades de melhorias. Esta métrica é constituída por três grandes componentes: disponibilidade, eficiência de desempenho e a taxa de qualidade (Huang, et al., 2002).

Segundo Nakajima (1998) as principais perdas de equipamento são:

1. Falha/avaria
2. Ajustamentos/*setups*
3. Ocorrência de pequenas paragens
4. Redução da velocidade
5. Baixo rendimento
6. Perdas de qualidade

Tsarouhas (2012) considera as perdas 1 e 2 como perdas de tempo de inatividade, que são utilizadas para o cálculo da percentagem de utilização dos equipamentos. No entanto, as perdas 3 e 4 vão definir a performance dos equipamentos. Por fim, as últimas duas perdas constituem a taxa de qualidade. Os três componentes são definidos do seguinte modo:

$$\begin{aligned} \text{Utilização} &= \frac{\text{Tempo de carregamento} - \text{Tempo de inatividade}}{\text{Tempo de Carregamento}} \\ \text{Performance} &= \frac{\text{Quatidade processada} \times \text{Tempo de ciclo atual}}{\text{Tempo operacional}} \\ \text{Qualidade} &= \frac{\text{Quantidade processada} - \text{Quantidade de produtos defeituosos}}{\text{Quatidade processada}} \end{aligned}$$

A multiplicação destes três componentes referidos contribuem para a determinação do valor da *OEE*.

3.3.1 OEE da Linha 3

Para uma correta análise da performance da linha 3, foi necessário recorrer aos registos de OEE de um mês de produção (tabela 3.1).

Tabela3.1-OEE da Linha 3

Mês	Utilização	Performance	Qualidade	OEE
1	63,0%	107,2%	86,7%	58,5%

Como se pode observar, OEE do mês é de 58,5%, o que está muito aquém do objetivo estabelecido pela empresa, que é um OEE mínimo de 72%

Ao analisar melhor os valores da tabela 3.1, percebe-se as razões que justificam um valor tão inferior ao objetivo estipulado. A taxa de utilização é muito reduzida e esta deve-se às recorrentes avarias das máquinas de empacotamento final e, claro, sem rejeitar, mas sem grande peso para este valor, as trocas de rolo para diferentes produtos. O valor da taxa de performance mostra que não há ocorrência de micro-paragens, nem há redução de velocidade no processo. Por fim, ao observar a taxa de qualidade, verifica-se que quase não há produtos defeituosos e os poucos que apresentam defeitos são posteriormente aproveitados para ração animal.

A tabela do OEE da linha 3, fornecida pela DanCake, encontra-se no Anexo E.

3.4 Análise Crítica da Linha 3

Como já foi referido anteriormente, o caso de estudo vai incidir na linha 3, devido a um problema nas máquinas, chamadas cavanhas, que fazem as embalagens que vão para o consumidor final (quinhentos gramas) e pela falta de automação existente antes de o produto entrar dessas mesma máquinas. Na figura 3.6 está representada a parte da linha onde se vai intervir.

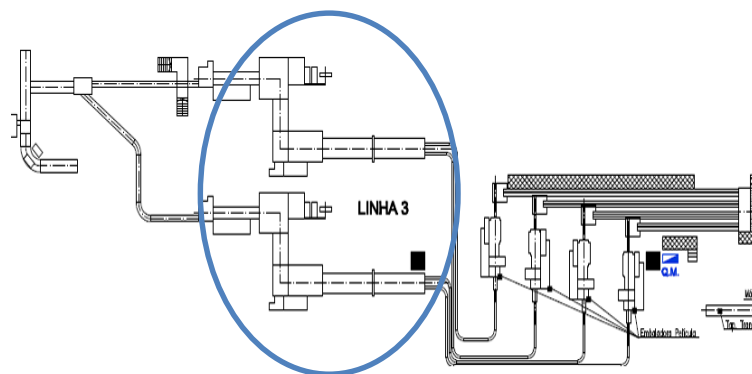


Figura 3.6 - Zona em Análise da Linha 3

Estas máquinas em causa juntam o papel canelado com o plástico da embalagem exterior e, com uma prensa, finaliza a embalagem (figura 3.7).



Figura 3.7-Máquina de Embalamento Final – Cavanoas

Assim, as cavanoas têm, nomeadamente, problemas de afinação, provocando um mau funcionamento da linha. É importante salientar que o facto de esta máquina avariar com muita frequência e ter de parar quando é necessário, por exemplo, quando é necessário mudar o rolo para as diferentes marcas e produtos, faz com que a linha expulse o produto através de uns sopros. Isto acontece porque as operações anteriores não podem abrandar muito, menos ainda parar, ou seja, a cozedura nunca pode parar ou diminuir a velocidade, senão o produto acaba por se estragar. Dessa forma, como se observa na figura 3.8, as

embalagens entram numa passadeira que as conduz para uns caixotes de cartão. É importante referir que este processo tem apenas um operador para trocar as caixas cheias por caixas vazias.



Figura 3.8- Produto Expelido pela Linha

Posteriormente, quando há oportunidade, isto é, quando há possibilidade de aumentar a velocidade da linha, as caixas são postas novamente na linha de produção (figura 3.9) pelo mesmo operador e, com ajuda de três outros operadores, são postas rapidamente na posição vertical, para irem para as máquinas do empacotamento final.



Figura 3.9-Embalagens que São Postas Novamente na Linha

No entanto, os caixotes - chamado produto semiacabado - que não voltam para linha nesse mesmo turno, são todos empilhados para, mais tarde, quando houver oportunidade, voltar para linha para serem empacotadas (figura 3.10).



Figura 3.10- Caixotes Cheios com Embalagens por Embalar - Produto Semiacabado

Para uma análise mais quantitativa, na tabela 3.2 estão representados os valores do total de produto semiacabado, ou seja, o produto que foi expelido da linha para caixotes e para uma melhor análise comparativa, é também necessário analisar o produto total real produzido em quilogramas.

É importante referir que, devido à falta de dados e para ter uma melhor noção da quantidade do total de produto semiacabado, fez-se um rácio deste com o total real produzido e concluiu-se que o total de produto semiacabado é cerca de 33% do total real produzido, o que representa um valor muito significativo para a produção.

Tabela 3.2-Quantidade Total de Produto Produzido e Quantidade Total de Produto Semiacabado

Mês	Total Produzido (Kg)	Total de produto semiacabado (Kg)	Percentagem de produto semiacabado em relação ao total produzido
1	103.684	34.726	33%

3.5 Implementação da Metodologia TRIZ

Neste subcapítulo vão ser utilizadas as ferramentas TRIZ, que foram desenvolvidas no capítulo dois, para resolver alguns problemas descritos anteriormente.

Antes de aplicar as ferramentas TRIZ, é necessário perceber bem os problemas na linha estudada. As avarias frequentes das máquinas cavanhas despertam os seguintes problemas:

- Impossível aumento de velocidade da linha de produção;
- Perda de produtividade;
- Excesso de produtos semiacabados;
- Excesso de mão-de-obra;
- Desperdício de bolachas;
- Perda de tempo.

3.5.1 Aplicação dos Princípios de Invenção e da Matriz de Contradições

Antes de aplicar esta ferramenta, é indispensável identificar primeiramente a contradição técnica do sistema.

A primeira contradição detetada foi a seguinte:

- CT: Ao aumentar o nível de automação, diminuiria o excesso de operadores mas, por outro lado, aumentaria a velocidade e a máquina de empacotamento não conseguiria manter essa velocidade.

Os princípios de engenharia a melhorar e a piorar são:

Aspetto a melhorar: Nível de automação

Aspetto a piorar: Velocidade

Ao cruzar estes parâmetros de técnicos na matriz de contradições (figura 3.11) obtém-se parâmetros inventivos 28 e 10.

Características			Resultados indesejados						
			7	8	9	10	11	12	13
Características a melhorar	35	Adaptabilidade	15, 35 29	-	3, 10	15, 17 20	35, 16	15, 37 1, 8	35, 30 14
	36	Complexidade do dispositivo	34, 26 6	1, 16	3, 10	26, 16	19, 1 35	29, 13 28, 15	2, 22 17, 19
	37	Complexidade no controlo	29, 1 4, 16	2, 18 26, 31	4, 10 16, 35	36, 28 40, 19	35, 36 37, 32	27, 13 1, 39	11, 22 39, 30
	38	Nível de automação	25, 10 16	16	28, 10	2, 35	13, 35	15, 32 11, 13	18, 1
	39	Produtividade	2, 6 34, 10	35, 37 10, 2	-	28, 15 10, 36	10, 37 14	14, 10 34, 40	35, 3 22, 39

Figura 3.11- Identificação dos Princípios de Invenção na Matriz de Contradições

Identificam-se os seguintes princípios de invenção:

Substituição dos meios mecânicos - Princípio 28

Neste caso, este princípio de invenção não traz qualquer benefício ao problema apresentado.

Ação prévia - Princípio 10

Ao implementar o princípio 10, a solução proposta seria melhorar o balanceamento entre as máquinas, de maneira a conseguir implementar um sistema de automação e conseguir melhorar a velocidade da produção. Ao realizar esta ação prévia, a linha conseguiria manter-se a uma velocidade constante, o que resolveria muitas paragens não programadas depois da passagem pela máquina de empacotamento individual.

3.5.2 Análise Substância - Campo

Outra ferramenta da metodologia TRIZ que se utilizou foi a substância campo.

Sistema Incompleto

Primeiramente é necessário identificar o sistema, portanto, o S2 corresponde às embalagens individuais e o S1 corresponde às embalagens individuais que caem. Assim, como se pode verificar na figura 3.12, estamos perante um sistema incompleto.



Figura 3.12- Sistema Incompleto do Caso de Estudo (Adapado deTerninko, et al., 2007)

No capítulo 2.4.2, aborda-se as 76 soluções-padrão e conclui-se que estas podem ser resumidas em apenas 7 soluções gerais e, neste caso, a solução geral mais adequada seria a primeira, ou seja, a implementação de um campo F tornaria o sistema completo (figura 3.13).

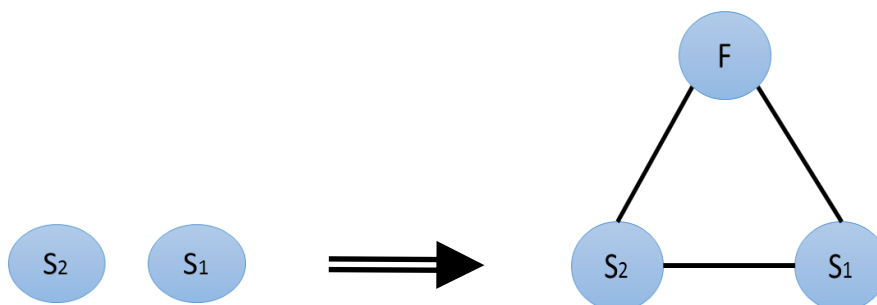


Figura 3.13- Sistema Completo do Caso de Estudo (Adapado deTerninko, et al., 2007)

O campo F introduzido tem de ser um sistema que ligue as substâncias S2 (embalagens individuais) e S1 (embalagens individuais que caem), portanto, um campo F possível seria um dispositivo que permitisse armazenar as embalagens e, quando houvesse oportunidade, estas entravam novamente na linha.

Este dispositivo poderia ser um *buffer* em forma de uma passadeira circular paralela (carrossel) à linha principal, que estivesse sempre a circular. Desta forma, quando a linha de produção não tivesse capacidade para prosseguir com o embalamento final, o produto semiacabado entraria numa linha secundária e seguiria até ao *buffer* e, assim, quando houvesse oportunidade, este seria introduzido na linha e acabaria por ser desnecessário o operador que está constantemente a encher os caixotes e, por consequência, o produto

semiacabado reduziria substancialmente. Por outro lado, se o *buffer* ficar sem capacidade, estes serão expelidos para caixotes (figura 3.14).

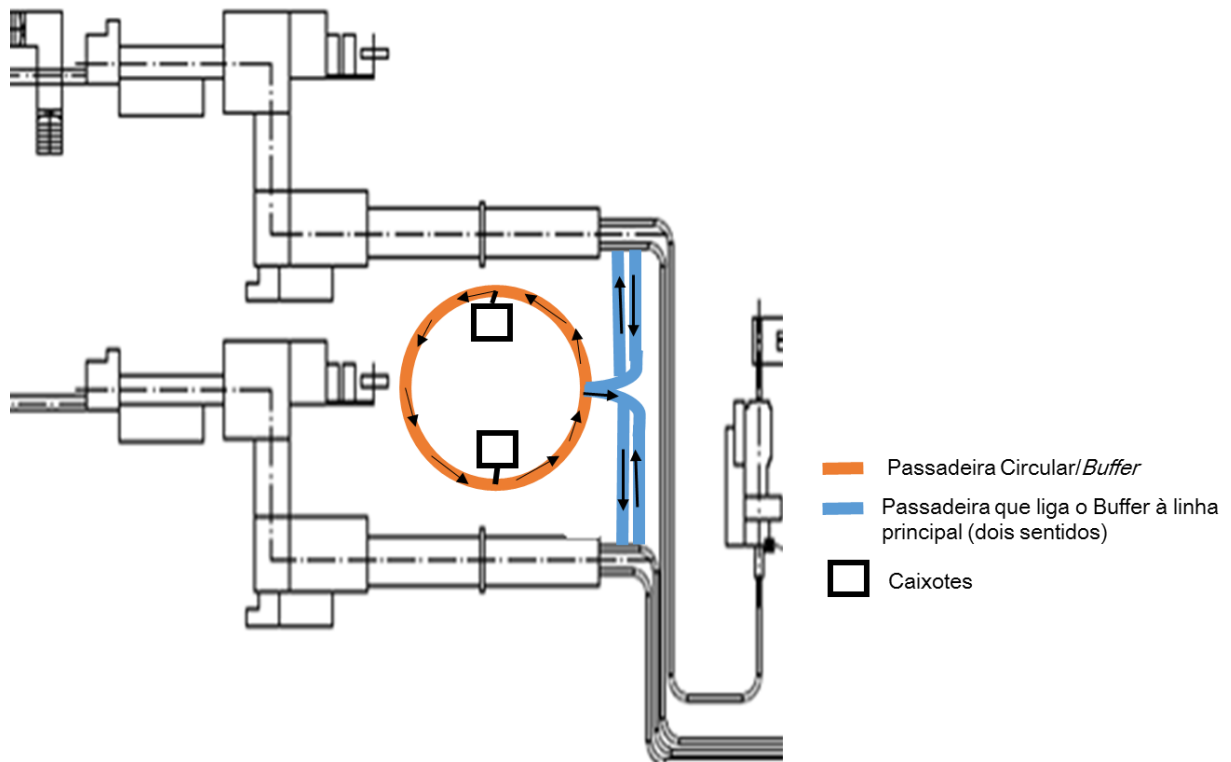


Figura 3.14- *Buffer Circular*

Eliminar, neutralizar ou isolar o impacto negativo utilizando outro campo F_x que interaja com o sistema

Primeiramente, como foi referido anteriormente, é necessário identificar o sistema. Neste caso, a substância S2 é a embalagem final e a substância S1 é embalagem individual, sendo o campo F o embalamento.

Há um efeito negativo/ação prejudicial entre estas duas substâncias, como está representado na figura 3.15.

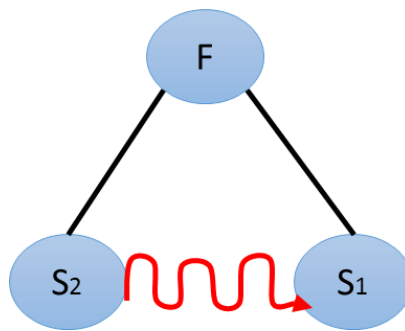


Figura 3.15- Ação Prejudicial entre Duas Substâncias (Adapado deTerninko, et al., 2007)

Precisamente, depois de ser realizado o embalagem individual, estas vão deitadas e, antes de entrarem nas máquinas de embalagem final, as embalagens precisam de ficar na vertical. O processo existente neste momento é muito lento e, para aumentar a velocidade, estão cerca de 3 a 4 operadores a pôr as embalagens posicionadas corretamente.

Neste caso, a solução mais apropriada seria a solução geral 5, o que significa a implementação de um novo campo, F_x , para a redução do efeito negativo/ação prejudicial (figura 3.16).

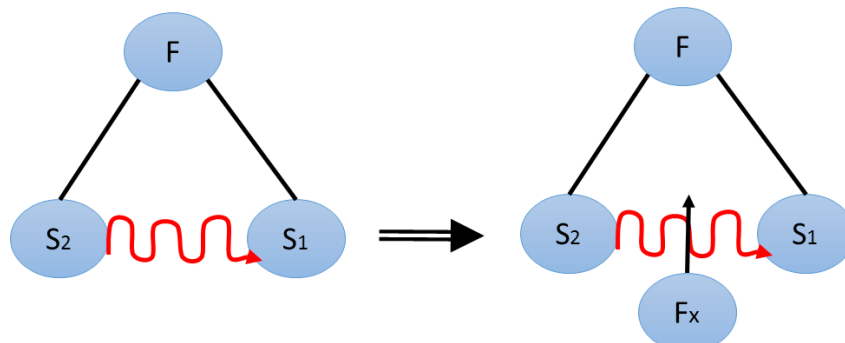


Figura 3.16- Introdução de um Novo Campo (Adapado deTerninko, et al., 2007)

Este novo campo, F_x , seria um sistema automático de controlo, capaz de pôr, rapidamente, as embalagens individuais horizontais na vertical. Se este sistema fosse implementado, conseguiria aumentar a velocidade nessa região, logo, a produtividade, ao mesmo tempo que também se obteria uma redução do número de trabalhadores.

Sistema completo insuficiente ou ineficiente

Neste sistema, a substância S2 será a embalagem final, a substância S1 a máquina embaladora e, por fim, o campo F a operação de embalagem

Neste caso, é necessário melhorar o sistema, modificando as substâncias ou até mesmo utilizando uma nova substância para criar o efeito desejado (figura 3.17).

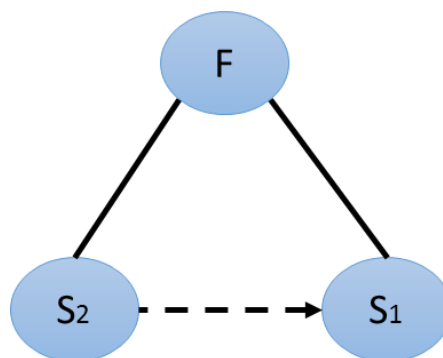


Figura 3.17- Sistema Completo Insuficiente ou Ineficiente do Caso de Estudo
(Adapado deTerninko, et al., 2007)

As constantes avarias da máquina de embalagem final e a falta de afinação desta mesma reduz significativamente a produtividade da linha.

Assim, para este sistema, a solução mais apropriada seria a solução geral 3, ou seja, modificar a substância S1, para eliminar/reduzir o impacto negativo ou para produzir/melhorar o impacto positivo (figura 3.18).

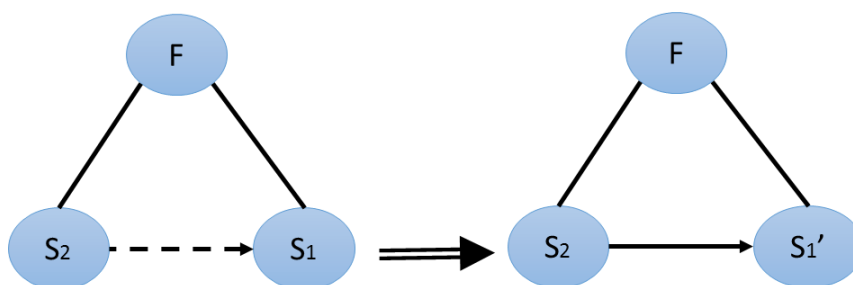


Figura 3.18- Modificação da Substância S1 (Adapado deTerninko, et al., 2007)

Desta forma, a modificação da substância S1 seria investir numa nova máquina de embalagem. Como resultado, esta solução aumentaria a produtividade da linha e, conseqüentemente, o OEE, tornando-a mais eficiente e, além disso, também se conseguiria reduzir o número de operadores, visto que apenas cerca de dois estão atentos às avarias da máquina.

3.5.3 Matriz de Idealidade

A Matriz de Idealidade tem por base um dos conceitos mais importantes da TRIZ, a Idealidade – capítulo 2.4.4. Esta ferramenta, após a realização de um *brainstorming*, consiste numa matriz que vai ajudar a identificar as interações entre os requisitos técnicos. Estas interações podem ser negativas e positivas.

É de realçar que esta é das poucas ferramentas da TRIZ que tem em consideração os custos (Domb, 1997).

Através da análise dos problemas, foram identificados 6 parâmetros técnicos:

1. Produtividade
2. Disponibilidade dos Equipamentos
3. Manutibilidade
4. Mão-de-Obra da Linha
5. Custo de Manutenção dos Equipamentos da Linha
6. Outros Custos (custo de não qualidade, custo de não manutenção, entre outros).

De seguida, foi construída a matriz de idealidade, com as interações entre os seis parâmetros (tabela 3.3).

Tabela 3.3 -Matriz de Idealidade

Parâmetros	1	2	3	4	5	6
1.Produtividade		-	-	-	-	-
2.Disponibilidade	-		+		+	-
3.Manutibilidade	+	+			+	-
4.Mão-de -Obra	-					-
5.Custo de Manutenção	-	-	-			-
6.Outros Custos	-	-	-	-	-	

Durante a atividade de *brainstorming* e conversas informais tidas com os engenheiros e técnicos responsáveis pela linha estudada, foram analisadas as interações entre os seis parâmetros. Algumas das interações têm carácter negativo (identificado na matriz de idealidade com sinal menos - "-"), outros foram interações com carácter positivo ou benéfico (identificado na matriz de idealidade com sinal mais - "+"). Entre alguns parâmetros não foram identificados nem interações negativas nem interações positivas, estas foram consideradas neutras ou sem interação.

Assim, o nível de idealidade é calculado da seguinte maneira (Navas, 2013b):

$$Idealidade = \frac{\text{Número de Interações Positivas}}{\text{Número de Interações Negativas}}$$

O nível de idealidade da matriz da tabela 3.3 é o seguinte:

$$I=5/18=0.278$$

Onde:

I - Nível de Idealidade

Ao analisar o nível de idealidade, verifica-se que o sistema tem um nível de idealidade muito baixo relativamente ao nível ideal,¹, o que demonstra que são necessárias várias mudanças nesta linha de produção. Ao observar esta matriz, verifica-se que a produtividade causa interações negativas em todos os parâmetros. Para melhorar este parâmetro, e como consequência otimizar a idealidade do sistema, seria suficiente o investimento numa máquina de empacotamento e, assim, o nível de idealidade da nova matriz seria:

$$I=10/14=0.714$$

Como se pode verificar, houve um aumento significativo da idealidade e, apesar dos custos de aquisição serem elevados, esta opção tornaria o sistema em estudo mais eficiente.

4. Conclusões e Recomendações

Nos tempos atuais, os problemas que se levantam na indústria são cada vez mais complexos, tanto ao nível de produtos, como de processos tecnológicos e ao nível de organização. Para ultrapassar estas dificuldades, é necessário incentivar as organizações a serem mais inovadoras e a procurarem novas metodologias de gestão e organização empresarial.

Tradicionalmente a inovação era esporádica. Atualmente, as organizações necessitam de inovação no momento certo e na dose exata. As instituições precisam de técnicas para aprender, ensinar, planejar e gerir a inovação, ou seja, necessitam de inovação sistemática.

A inovação sistemática é normalmente associada à aplicação da metodologia TRIZ (Teoria de Resolução Inventiva de Problemas). A TRIZ é apropriada para a resolução de problemas complexos a todos os níveis funcionais e hierárquicos, tendo a capacidade de produzir soluções mais inovadoras e criativas.

O procedimento geral da metodologia TRIZ começa pela identificação dos problemas específicos, de seguida estes são transformados em problemas genéricos, posteriormente são seleccionadas soluções genéricas para cada problema, e, por fim, estas soluções são adaptadas aos problemas específicos, identificados inicialmente, resultando em soluções inovadoras e criativas. Através das ferramentas analíticas da TRIZ, é possível esquematizar as tarefas, fazer uma análise estrutural, identificar e formalizar as contradições e, por fim, encontrar soluções. Assim, através desta metodologia, é possível beneficiar as várias áreas funcionais de empresas industriais.

A indústria agroalimentar, no ano 2013 (ENEI), representou cerca de 4,1% do PIB nacional e apresentou uma taxa de 8,4% de exportações. Para reforçar a competitividade da indústria agroalimentar é importante a atualização com os novos desafios da globalização e, para fazer face a estes desafios e à concorrência interna e externa, é cada vez mais necessário recorrer à inovação e à criatividade.

A presente dissertação foi realizada na empresa DanCake, que se dedica ao desenvolvimento, produção e comercialização de bolos, bolachas, biscoitos, tostas e outros produtos de pastelaria.

O estudo centrou-se na linha 3, onde são produzidas as bolachas *crackers*, devido a vários problemas identificados na linha.

O estudo começou pela análise exaustiva da situação verificada na linha. Além dos problemas apontados pelos técnicos e responsáveis da linha, foram identificados outros tipos de problemas (contradições) e algumas oportunidades de melhoria. Todos os problemas foram formulados e classificados segundo a metodologia TRIZ. Posteriormente, foram elaboradas propostas de resolução dos problemas identificados, através da utilização de várias ferramentas analíticas da TRIZ.

Para superar a impossibilidade de aumentar a velocidade da linha de produção, utilizou-se a ferramenta analítica da TRIZ- Princípios de Invenção e Matriz de Contradições. A solução encontrada através desta ferramenta foi a de melhorar o balanceamento entre as máquinas, de maneira a conseguir implementar um sistema de automação, aumentando a velocidade de produção.

Para eliminar os desperdícios do produto semiacabado, mão-de-obra e de tempo utilizou-se a ferramenta Análise Substância - Campo. Foram propostas várias soluções como, por exemplo, a introdução de um dispositivo que permita armazenar as embalagens do produto semiacabado, um sistema automático de controlo capaz de colocar, rapidamente, as embalagens individuais horizontais na vertical e, claro, investir numa nova máquina de embalagem final.

Por fim, utilizou-se a Matriz de Idealidade, através de atividades de *brainstorming* que permitiu definir os parâmetros técnicos, e concluir que o sistema estudado tem um grau de idealidade muito baixo e que, com a implementação de uma nova máquina de embalagem, esta aumentava significativamente.

A implementação das soluções dos problemas e das propostas de melhoria poderão resultar de um significativo aumento da produtividade da linha, a redução da mão-de-obra (4 a 5 trabalhadores), redução do desperdício das bolachas, diminuição das contradições e situações problemáticas entre vários parâmetros e, por fim, o aumento do grau de idealidade do sistema estudado.

No entanto, foram encontradas dificuldades inerentes à organização, como falta de documentação e informação. Os registos de dados referentes à produção e à manutenção nem sempre refletem a situação real.

É importante realçar que, ao longo desta dissertação, foram detetadas dificuldades na aplicação das ferramentas da metodologia TRIZ, nomeadamente, na transformação das soluções genéricas para soluções específicas e na formulação dos problemas.

Relativamente aos trabalhos futuros, poderão ser aplicadas outras técnicas e ferramentas da metodologia TRIZ em toda a linha e, posteriormente, abranger as outras linhas de produção. Será importante também que a empresa invista mais em formação, nomeadamente, em inovação sistemática, a todos os responsáveis da produção, do planeamento e até mesmo aos técnicos e operadores.

Por fim, poderá ser averiguada a oportunidade da aplicação conjunta das metodologias TRIZ e *Lean*, ou até mesmo, TRIZ, *Lean* e Seis Sigma, pois tal aplicação traria grandes oportunidades de melhoria para a empresa, principalmente na parte da produção.

Bibliografia

Altshuller, G., 1995. *Creativity as an Exact Science: The Theory of The Solution of Inventive Problems*. Gordon and Breach Publishers.

Altshuller, G., 1999. *Tools of Classical TRIZ*. Ideation International Incorporated.

Altshuller, G., 2001. *40 Principles-TRIZ Keys to Technical Innovation*. Technical Innovation Center.

Carvalho, M. A., 2007. *Tese de Doutorado - Metodologia Ideatriz para a Ideação de Novos Produtos*, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

Carvalho, M. A. & Back, N., 2001. *Uso dos Conceitos Fundamentais do TRIZ e do Método dos Princípios Inventivos no Desenvolvimento de Produtos*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

Dancake, 2015. *Quem Somos*.

Disponível em : <http://www.dancake.pt/>

[Consultado em Fevereiro 2015]

Domb, E., 1997. *How to Help TRIZ Beginners Succeed*.

Disponível em: www.triz-journal.com/archives/1997/04/a/index.html

[Consultado em Dezembro 2014].

ENEI, 2013. *Estratégia Nacional de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente 2014-2020-Eixo Temático 4 - Agro-Alimentar*. Aveiro.

Fey, R. & Rivin, I., 1997. *The Science of Innovation: A Managerial Overview of TRIZ Methodology*. Southfield: TRIZ Group.

Gadd, K., 2011. *TRIZ For Engineers: Enabling Inventive Problem Solving*. Oxford: John Wiley & Sons, Ltd.

Huang, S. H., Dismukes, J. P., Shi, J. & Robinson, D., 2002. Manufacturing System Modeling Productivity Improvement. *Journal of Manufacturing Systems*, Volume 21, pp. 249-259.

Ilevbare, I. M., Probert, D. & Phaal, R., 2013. A review of TRIZ, and its benefits and challenges in practice. In: *Technovation 33*. Cambridge CB3 0FS: El Sevier, pp. 30-37.

Jorge, F. G., 2009. *Inovação, Tecnologia e Competitividade na Indústria Alimentar em Portugal*, Lisboa: ISEG.

Mao, X., Zhang, . X. & AbouRizk, S., 2007. *Generalized Solutions for Su-field Analysis*. Disponível em: <http://www.triz-journal.com/generalized-solutions-for-su-field-analysis/> [Consultado em Dezembro 2014].

Marques, J., 2014. *Aplicação da Metodologia TRIZ e da Manutenção Autónoma em Atividades de Manutenção Industrial*, Lisboa.

Nakajima, S., 1988. *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*. 1ª edição ed. Cambridge: Productivity Press.

Navas, H., 2012. *Patterns (Soluções-Padrão) na Resolução de Problemas com a Metodologia TRIZ*. UNIDEMI, Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa, Portugal.

Navas, H., 2013a. TRIZ- Uma Metodologia para Resolução de Problemas. In: *Guia de Empresas Certificadas.*, pp. 28-32.

Navas, H., 2013b. TRIZ: Design Problem Solving with Systematic Innovation. In: *Industrial Design Engineering*. INTECH, pp. 65-97.

Navas, H., 2014. Fundamentos do TRIZ- Parte V Idealidade de um Sistema. *Inovação e Empreendedorismo*, p. 3.

Savransky, D. S., 2000. *Engineering of Creativity- Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving*. CRC Press.

Terninko, J., 2000. *Su-field Analysis*.

Disponível em: <http://www.triz-journal.com/su-field-analysis/>

[Consultado em Dezembro 2014].

Terninko, J., Domb, E. & Miller, J., 2007. The Seventy-Six Standard Solution, With Examples. *The TRIZ Journal*.

Terninko, J., Zusman, A. & Zlotin, B., 1998. *Systematic Innovation: An Introduction to TRIZ (Theory of Inventing Problem Solving)*. St Lucie Press.

Tsarouhas, P. H., 2013. Evaluation of Overall Equipment Effectiveness in the Beverage Industry: A Case Study. *International Journal of Production Research*, pp. 515-523.

Anexos

Anexo A: Matriz de Contradições

Tabela A 2-Matriz de Contradições (Características a Melhorar 1-20 vs. Resultados Indesejados 1-13) (Adaptado de Altshuller, 2001)

Características			Resultados indesejados												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Características a melhorar	1	Peso (objecto móvel)		-	15, 8 29, 34	-	29, 17 38, 34	-	29, 2 40, 28	-	2, 8 15, 38	8, 10 18, 37	10, 36 37, 40	10, 14 35, 40	1, 35 19, 39
	2	Peso (objecto imóvel)	-		-	10, 1 29, 35	-	35, 30 13, 2	-	5, 35 14, 2	-	8, 10 19, 35	13, 29 10, 18	13, 10 29, 14	26, 39 1, 40
	3	Comprimento (objecto móvel)	8, 15 29, 34	-		-	15, 17 4	-	7, 17 4, 35	-	13, 4 8	17, 10 4	1, 8 35	1, 8 10, 29	1, 8 15, 34
	4	Comprimento (objecto imóvel)	-	35, 28 40, 29	-		-	17, 7 10, 40	-	35, 8 2, 14	-	28, 10	1, 14 35	13, 14 15, 7	39, 37 35
	5	Área (objecto móvel)	2, 17 29, 4	-	14, 15 18, 4	-		-	7, 14 17, 4	-	29, 30 4, 34	19, 30 35, 2	10, 15 36, 28	5, 34 29, 4	11, 2 13, 39
	6	Área (objecto imóvel)	-	30, 2 14, 18	-	26, 7 9, 39	-		-	-	-	1, 18 35, 36	10, 15 36, 37	-	2, 38
	7	Volume (objecto móvel)	2, 26 29, 40	-	1, 7 4, 35	-	1, 7 4, 17	-		-	29, 4 38, 34	15, 35 36, 37	6, 35 36, 37	1, 15 29, 4	28, 10 1, 39
	8	Volume (objecto imóvel)	-	35, 10 19, 14	19, 14	35, 8 2, 14	-	-	-		-	2, 18 37	24, 35	7, 2 35	34, 28 35, 40
	9	Velocidade	2, 28 13, 38	-	13, 14 8	-	29, 30 34	-	7, 29 34	-		13, 28 15, 19	6, 18 38, 40	35, 15 18, 34	28, 33 1, 18
	10	Força	8, 1 37, 18	18, 13 1, 28	17, 19 9, 36	28, 10	19, 10 15	1, 18 36, 37	15, 9 12, 37	2, 36 18, 37	13, 28 15, 12		18, 21 11	10, 35 40, 34	35, 10 21
	11	Tensão, pressão	10, 36 37, 40	13, 29 10, 18	35, 10 36	35, 1 14, 16	10, 15 36, 28	10, 15 36, 37	6, 35 10	35, 24	6, 35 36	36, 35 21		35, 4 15, 10	35, 33 2, 40
	12	Forma	8, 10 29, 40	15, 10 26, 3	29, 34 5, 4	13, 14 10, 7	5, 34 4, 10	-	14, 4 15, 22	7, 2 35	35, 15 34, 18	35, 10 37, 40	34, 15 10, 14		33, 1 18, 4
	13	Estabilidade do objecto	21, 35 2, 39	26, 39 1, 40	13, 15 1, 28	37	2, 11 13	39	28, 10 19, 39	34, 28 35, 40	33, 15 28, 18	10, 35 21, 16	2, 35 40	22, 1 18, 4	
	14	Resistência	1, 8, 40 15	40, 26 27, 1	1, 15 8, 35	15, 14 28, 26	3, 34 40, 29	9, 40 28	10, 15 14, 7	9, 14 17, 15	8, 13 26, 14	10, 18 3, 14	10, 3 18, 40	10, 30 35, 40	13, 17 35
	15	Durabilidade (objecto móvel)	19, 5 34, 31	-	2, 19 9	-	3, 17 19	-	10, 2 19, 30	-	3, 35 5	19, 2 16	19, 3 27	14, 26 28, 25	13, 3 35
	16	Durabilidade (objecto imóvel)	-	6, 27 19, 16	-	1, 40 35	-	-	-	35, 34 38	-	-	-	-	39, 3 35, 23
	17	Temperatura	36, 22 6, 38	22, 35 32	15, 19 9	15, 19 9	3, 35 39, 18	35, 38	34, 39 40, 18	35, 6 4	2, 28 36, 30	35, 10 3, 21	35, 39 19, 2	14, 22 19, 32	1, 35 32
	18	Clareza	19, 1 32	2, 35 32	19, 32 16	-	19, 32 26	-	2, 13 10	-	10, 13 19	26, 19 6	-	32, 30	32, 3 27
	19	Energia dispensada (objecto móvel)	12, 18 28, 31	-	12, 28	-	15, 19 25	-	35, 13 18	-	8, 35	16, 26 21, 2	23, 14 25	12, 2 29	19, 13 17, 24
	20	Energia dispensada (objecto imóvel)	-	19, 9 6, 27	-	-	-	-	-	-	-	36, 37	-	-	27, 4 29, 18

Tabela A 2- Matriz de Contradições (Características a Melhorar 1-20 vs. Resultados Indesejados 14-26) (Adaptado de Altshuller, 2001)

Características			Resultados indesejados												
			14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Características a melhorar	1	Peso (objecto móvel)	28, 27 18, 40	5, 34 31, 35	-	6, 29 4, 38	19, 1 32	35, 12 34, 31	-	12, 36 18, 31	6, 2 34, 19	5, 35 3, 31	10, 24 35	10, 35 20, 28	3, 26 18, 31
	2	Peso (objecto imóvel)	28, 2 10, 27	-	2, 27 19, 6	28, 19 32, 22	19, 32 35	-	18, 19 28, 1	15, 19 18, 22	18, 19 28, 15	5, 8 13, 30	10, 15 35	10, 20 35, 26	19, 6 18, 26
	3	Comprimento (objecto móvel)	8, 35 29, 34	19	-	10, 15 19	32	8, 35 24	-	1, 35	7, 2 35, 39	4, 29 23, 10	1, 24	15, 2 29	29, 35
	4	Comprimento (objecto imóvel)	15, 14 28, 26	-	1, 40 35	3, 35 38, 18	3, 25	-	-	12, 8	6, 28	10, 28 24, 35	24, 26	30, 29 14	-
	5	Área (objecto móvel)	3, 15 40, 14	6, 3	-	2, 15 16	15, 32 19, 13	19, 32	-	19, 10 32, 18	15, 17 30, 26	10, 35 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30 6, 13
	6	Área (objecto imóvel)	40	-	2, 10 19, 30	35, 39 38	-	-	-	17, 32	17, 7 30	10, 14 18, 39	30, 16	10, 35 4, 18	2, 18 40, 4
	7	Volume (objecto móvel)	9, 14 15, 7	6, 35 4	-	34, 39 10, 18	2, 13 10	35	-	35, 6 13, 18	7, 15 13, 16	36, 39 34, 10	2, 22	2, 6 34, 10	29, 30 7
	8	Volume (objecto imóvel)	9, 14 17, 15	-	35, 34 38	35, 6 4	-	-	-	30, 6	-	10, 39 35, 34	-	35, 16 32, 18	35, 3
	9	Velocidade	8, 3 26, 14	3, 19 35, 5	-	28, 30 36, 2	10, 13 19	8, 15 35, 38	-	19, 35 38, 2	14, 20 19, 35	10, 13 28, 38	13, 26	-	10, 19 29, 38
	10	Força	35, 10 14, 27	19, 2	-	35, 10 21	-	19, 17 10	1, 16 36, 37	19, 35 18, 37	14, 15	8, 35 40, 5	-	10, 37 36	14, 29 18, 36
	11	Tensão, pressão	9, 18 3, 40	19, 3 27	-	35, 39 19, 2	-	14, 24 10, 37	-	10, 35 14	2, 36 25	10, 36 3, 37	-	37, 36 4	10, 14 36
	12	Forma	30, 14 10, 40	14, 26 9, 25	-	22, 14 19, 32	13, 15 32	2, 6 34, 14	-	4, 6 2	14	35, 29 3, 5	-	14, 10 34, 17	36, 22
	13	Estabilidade do objecto	17, 9 15	13, 27 10, 35	39, 3 35, 23	35, 1 32	32, 3 27, 15	13, 19	27, 4 29, 18	32, 35 27, 31	14, 2 39, 6	2, 14 30, 40	-	35, 27	15, 32 35
	14	Resistência		27, 3 26	-	30, 10 40	35, 19	19, 35 10	35	10, 26 35, 28	35	35, 28 31, 40	-	29, 3 28, 10	29, 10 27
	15	Durabilidade (objecto móvel)	27, 3 10		-	19, 35 39	2, 19 4, 35	28, 6 35, 18	-	19, 10 35, 38	-	28, 27 3, 18	10	20, 10 28, 18	3, 35 10, 40
	16	Durabilidade (objecto imóvel)	-	-		19, 18 36, 40	-	-	-	16	-	27, 16 18, 38	10	28, 20 10, 16	3, 35 31
	17	Temperatura	10, 30 22, 40	19, 13 39	19, 18 36, 40		32, 30 21, 16	19, 15 3, 17	-	2, 14 17, 25	21, 17 35, 38	21, 36 29, 31	-	35, 28 21, 18	3, 17 30, 39
	18	Clareza	35, 19	2, 19 6	-	32, 35 19		32, 1 19	32, 35 1, 15	32	13, 16 1, 6	13, 1	1, 6	19, 1 26, 17	1, 19
	19	Energia dispensada (objecto móvel)	5, 19 9, 35	28, 35 6, 18	-	19, 24 3, 14	2, 15 19		-	6, 19 37, 18	12, 22 15, 24	35, 24 18, 5	-	35, 38 19, 18	34, 23 16, 18
	20	Energia dispensada (objecto imóvel)	35	-	-	-	19, 2 35, 32	-		-	-	28, 27 18, 31	-	-	3, 35 31

Tabela A 3- Matriz de Contradições (Características a Melhorar 1-20 vs. Resultados Indesejados 27-39) (Adaptado de Altshuller, 2001)

Características			Resultados indesejados																
			27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39				
Características a melhorar	1	Peso (objecto móvel)	3, 11 1, 27	28, 27 35, 26	28, 35 26, 18	22, 21 18, 27	22, 35 31, 39	27, 28 1, 36	35, 3 2, 24	2, 27 28, 11	29, 5 15, 8	26, 30 36, 34	28, 29 26, 32	26, 35 18, 19	35, 3 24, 37				
	2	Peso (objecto imóvel)	10, 28 8, 3	18, 26 28	10, 1 35, 17	2, 19 22, 37	35, 22 1, 39	28, 1 9	6, 13 1, 32	2, 27 28, 11	19, 15 29	1, 10 26, 39	25, 28 17, 15	2, 26 35	1, 28 15, 35				
	3	Comprimento (objecto móvel)	10, 14 29, 40	28, 32 4	10, 28 29, 37	1, 15 17, 24	17, 15	1, 29 17	15, 29 35, 4, 7	1, 28 10	14, 15 1, 16	1, 19 26, 24	35, 1 26, 24	17, 24 26, 16	14, 4 28, 29				
	4	Comprimento (objecto imóvel)	15, 29 28	32, 28 3	2, 32 10	1, 18	-	15, 17 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	26	-	30, 14 7, 26				
	5	Área (objecto móvel)	29, 9	26, 28 32, 3	2, 32	22, 33 28, 1	17, 2 18, 39	13, 1 26, 24	15, 17 13, 16	15, 13 10, 1	15, 30	14, 1 13	2, 36 26, 18	14, 30 28, 23	10, 26 34, 2				
	6	Área (objecto imóvel)	32, 35 40, 4	26, 28 32, 3	2, 29 18, 36	27, 2 39, 35	22, 1 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18 36	2, 35 30, 18	23	10, 15 17, 7				
	7	Volume (objecto móvel)	14, 1 40, 11	26, 28	25, 28 2, 16	22, 21 27, 35	17, 2 40, 1	29, 1 40	15, 13 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26 4	35, 34 16, 24	10, 6 2, 34				
	8	Volume (objecto imóvel)	2, 35 16	-	35, 10 25	34, 39 19, 27	30, 18 35, 4	35	-	1	-	1, 31	2, 17 26	-	35, 37 10, 2				
	9	Velocidade	11, 35 27, 28	28, 32 1, 24	10, 28 32, 35	1, 28 35, 23	2, 24 35, 21	35, 13 8, 1	32, 28 13, 12	34, 2 28, 27	15, 10 26	10, 28 4, 34	3, 34 27, 16	10, 18	-				
	10	Força	3, 35 13, 21	35, 10 23, 24	28, 29 37, 36	1, 35 40, 18	13, 3 36, 24	15, 37 18, 1	1, 28 3, 25	15, 1 11	15, 17 18, 20	26, 35 10, 18	36, 37 10, 19	2, 35 10, 19	3, 28 35, 37				
	11	Tensão, pressão	10, 13 19, 35	6, 28 25	3, 35	22, 2 37	2, 33 27, 18	1, 35 16	11	2	35	19, 1 35	2, 36 37	35, 24	10, 14 35, 37				
	12	Forma	10, 40 16	28, 32 1	32, 30 40	22, 1 2, 35	35, 1	1, 32 17, 28	32, 15 26	2, 13 1	1, 15 29	16, 29 1, 28	15, 13 39	15, 1 32	17, 26 34, 10				
	13	Estabilidade do objecto	-	13	18	35, 24 30, 18	35, 40 27, 39	35, 19	32, 35 30	2, 35 10, 16	35, 30 34, 2	2, 35 22, 26	35, 22 39, 23	1, 8 35	23, 35 40, 3				
	14	Resistência	11, 3	3, 27 16	3, 27	18, 35 37, 1	15, 35 22, 2	11, 3 10, 32	32, 40 28, 2	27, 11 3	15, 3 32	2, 13 25, 28	27, 3 15, 40	15	29, 35 10, 14				
	15	Durabilidade (objecto móvel)	11, 2 13	3	3, 27 16, 40	22, 15 33, 28	21, 39 16, 22	27, 1 4	12, 27	29, 10 27	1, 35 13	10, 4 29, 15	19, 29 39, 35	6, 10	35, 17 14, 19				
	16	Durabilidade (objecto imóvel)	34, 27 6, 40	10, 26 24	-	17, 1 40, 33	22	35, 10	1	1	2	-	25, 34 6, 35	1	20, 10 16, 38				
	17	Temperatura	19, 35 3, 10	32, 19 24	24	22, 33 35, 2	22, 35 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10 16	2, 18 27	2, 17 16	3, 27 35, 31	26, 2 19, 16	15, 28 35				
	18	Claridade	-	11, 15 32	3, 32	15, 19	35, 19 32, 39	19, 35 28, 26	28, 26 19	15, 17 13, 16	15, 1 19	6, 32 13	32, 15	2, 26 10	2, 25 16				
	19	Energia dispensada (objecto móvel)	19, 21 11, 27	3, 1 32	-	1, 35 6, 27	2, 35 6	28, 26 30	19, 35	1, 15 17, 28	15, 17 13, 16	2, 29 27, 28	35, 36	32, 2	12, 28 35				
	20	Energia dispensada (objecto imóvel)	10, 36 23	-	-	10, 2 22, 37	19, 22 18	1, 4	-	-	-	-	19, 35 16, 25	-	1, 6				

Tabela A 4- Matriz de Contradições (Características a Melhorar 21-39 vs. Resultados Indesejados 1-13) (Adaptado de Altshuller, 2001)

Características			Resultados indesejados												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Características a melhorar	21	Potência	8, 36 38, 31	19, 26 17, 27	1, 10 35, 37	- -	19, 38	17, 32 13, 38	35, 6 38	30, 6 25	15, 35 2	26, 2 36, 35	22, 10 35	29, 14 2, 40	35, 32 15, 31
	22	Perda de energia	15, 6 19, 28	19, 6 18, 9	7, 2 6, 13	6, 38 7	15, 26 17, 30	17, 7 30, 18	7, 18 23	7 -	16, 35 38	36, 38	-	-	14, 2 39, 6
	23	Perda de massa	35, 6 23, 40	35, 6 22, 32	14, 29 10, 39	10, 28 24	35, 2 10, 31	10, 18 39, 31	1, 29 30, 36	3, 39 18, 31	10, 13 28, 38	14, 15 18, 40	3, 36 37, 10	29, 35 3, 5	2, 14 30, 40
	24	Perda de informação	10, 24 35	10, 35 5	1, 26	26	30, 26	30, 16	-	2, 22	26, 32	-	-	-	-
	25	Perda de tempo	10, 20 37, 35	10, 20 26, 5	15, 2 29	30, 24 14, 5	26, 4 5, 16	10, 35 17, 4	2, 5 34, 10	35, 16 32, 18	-	10, 37 36, 5	37, 36 4	4, 10 34, 17	35, 3 22, 5
	26	Quantidade de matéria	35, 6 18, 31	27, 26 18, 35	29, 14 35, 18	- -	15, 14 29	2, 18 40, 4	15, 20 29	-	35, 29 34, 28	35, 14 3	10, 36 14, 3	35, 14 16, 11	15, 2 17, 40
	27	Fiabilidade	3, 8 10, 40	3, 10 8, 28	15, 9 14, 4	15, 29 28, 11	17, 10 14, 16	32, 35 40, 4	3, 10 14, 24	2, 35 24	21, 35 11, 28	8, 28 10, 3	10, 24 35, 19	35, 1 16, 11	-
	28	Precisão de medição	32, 35 26, 28	28, 35 25, 26	28, 26 5, 16	32, 28 3, 16	26, 28 32, 3	26, 28 32, 3	32, 13 6	-	28, 13 32, 24	32, 2	6, 28 32	6, 28 32	32, 35 13
	29	Precisão de fabrico	28, 32 13, 18	28, 35 27, 9	10, 28 29, 37	2, 32 10	28, 33 29, 32	2, 29 18, 36	32, 28 2	25, 10 35	10, 28 32	28, 19 34, 36	3, 35	32, 30 40	30, 18
	30	Factores prejudiciais que actuam sobre o objecto	22, 21 27, 39	2, 22 13, 24	17, 1 39, 4	1, 18 -	22, 1 33, 28	27, 2 39, 35	22, 23 37, 35	34, 39 19, 27	21, 22 35, 28	13, 35 39, 18	22, 2 37	22, 1 3, 35	35, 24 30, 18
	31	Efeitos colaterais prejudiciais	19, 22 15, 39	35, 22 1, 39	17, 15 16, 22	-	17, 2 18, 39	22, 1 40	17, 2 40	30, 18 35, 4	35, 28 3, 23	35, 28 1, 40	2, 33 27, 18	35, 1	35, 40 27, 39
	32	Manufaturabilidade	28, 29 15, 16	1, 27 36, 13	1, 29 13, 17	15, 17 27	13, 1 26, 12	13, 29 16, 40	1, 40 35	35, 13 8, 1	35, 12	35, 19 1, 37	1, 28 13, 27	11, 13 1	
	33	Conveniência de uso	25, 2 13, 15	6, 13 1, 25	1, 17 13, 12	-	1, 17 13, 16	18, 16 15, 39	1, 16 35, 15	4, 18 39, 31	18, 13 34	28, 13 35	2, 32 12	15, 34 29, 28	32, 35 30
	34	Reparabilidade	2, 27 35, 11	2, 27 35, 11	1, 28 10, 25	3, 18 31	15, 13 32	16, 25 35, 11	25, 2 35, 11	1	34, 9	1, 11 10	13	1, 13 2, 4	2, 35
	35	Adaptabilidade	1, 6 15, 8	19, 15 29, 16	35, 1 29, 2	1, 35 16	35, 30 29, 7	15, 16	15, 35 29	-	35, 10 14	15, 17 20	35, 16	15, 37 1, 8	35, 30 14
	36	Complexidade do dispositivo	26, 30 34, 36	2, 26 35, 39	1, 19 26, 24	26	14, 1 13, 16	6, 36	34, 26 6	1, 16	34, 10 28	26, 16	19, 1 35	29, 13 28, 15	2, 22 17, 19
	37	Complexidade no controlo	27, 26 28, 13	6, 13 28, 1	16, 17 26, 24	26	2, 13 18, 17	2, 39 30, 16	29, 1 4, 16	2, 18 26, 31	3, 4 16, 35	36, 28 40, 19	35, 36 37, 32	27, 13 1, 39	11, 22 39, 30
	38	Nível de automação	28, 26 18, 35	28, 26 35, 10	14, 13 17, 28	23	17, 14 13	-	35, 13 16	-	28, 10	2, 35	13, 35	15, 32 11, 13	18, 1
	39	Produtividade	35, 26 24, 37	28, 27 15, 3	18, 4 28, 38	30, 7 14, 26	10, 26 34, 31	10, 35 17, 7	2, 6 34, 10	35, 37 10, 2	-	28, 15 10, 36	10, 37 14	14, 10 34, 40	35, 3 22, 39

Tabela A 5- Matriz de Contradições (Características a Melhorar 21-39 vs. Resultados Indesejados 14-26) (Adaptado de Altshuller, 2001)

Características			Resultados indesejados												
			14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Características a melhorar	21	Potência	26, 10 28	19, 35 10, 38	16	2, 14 17, 25	16, 6 19	16, 6 19, 37	-		10, 35 38	28, 27 18, 38	10, 19	35, 20 10, 6	4, 34 19
	22	Perda de energia	26	-	-	19, 38 7	1, 13 32, 15	-	-	3, 38		35, 27 2, 37	19, 10	10, 18 32, 7	7, 18 25
	23	Perda de massa	35, 28 31, 40	28, 27 3, 18	27, 16 18, 38	21, 36 39, 31	1, 6 13	35, 18 24, 5	28, 27 12, 31	28, 27 18, 38	35, 27 2, 31		-	15, 18 35, 10	6, 3 10, 24
	24	Perda de informação	-	10	10	-	19	-	-	10, 19	19, 10	-		24, 26 28, 32	24, 28 35
	25	Perda de tempo	29, 3 28, 18	20, 10 28, 18	28, 20 10, 16	35, 29 21, 18	1, 19 26, 17	35, 38 19, 18	1	35, 20 10, 6	10, 5 18, 32	35, 18 10, 39	24, 26 28, 32		35, 38 18, 16
	26	Quantidade de matéria	14, 35 34, 10	3, 35 10, 40	3, 35 31	3, 17 39	-	34, 29 16, 18	3, 35 31	35	7, 18 25	6, 3 10, 24	24, 28 35	35, 38 18, 16	
	27	Fiabilidade	11, 28	2, 35 3, 25	34, 27 6, 40	3, 35 10	11, 32 13	21, 11 27, 19	36, 23	21, 11 26, 31	10, 11 35	10, 35 29, 39	10, 28	10, 30 4	21, 28 40, 3
	28	Precisão de medição	28, 6 32	28, 6 32	10, 26 24	6, 19 28, 24	6, 1 32	3, 6 32	-	3, 6 32	26, 32 27	10, 16 31, 28	-	24, 34 28, 32	2, 6 32
	29	Precisão de fabrico	3, 27	3, 27 40	-	19, 26	3, 32	32, 2	-	32, 2	13, 32 2	35, 31 10, 24	-	32, 26 28, 18	32, 30
	30	Factores prejudiciais que actuam sobre o objecto	18, 35 37, 1	22, 15 33, 28	17, 1 40, 33	22, 33 35, 2	1, 19 32, 13	1, 24 6, 27	10, 2 22, 37	19, 22 31, 2	21, 22 35, 2	33, 22 19, 40	22, 10 2	35, 18 34	35, 33 29, 31
	31	Efeitos colaterais prejudiciais	15, 35 22, 2	15, 22 33, 31	21, 39 16, 22	22, 35 2, 24	19, 24 39, 32	2, 35 6	19, 22 18	2, 35 18	21, 35 2, 22	10, 1 34	10, 21 29	1, 22	3, 24 39, 1
	32	Manufaturabilidade	1, 3 10, 32	27, 1 4	35, 16	27, 26 18	28, 24 27, 1	28, 26 27, 1	1, 4	27, 1 12, 24	19, 35	15, 34 33	32, 24 18, 16	35, 28 34, 4	35, 23 1, 24
	33	Conveniência de uso	32, 40 3, 28	29, 3 8, 25	1, 16 25	26, 27 13	13, 17 1, 24	1, 13 24	-	35, 34 2, 10	2, 19 13	28, 32 2, 24	4, 10 27, 22	4, 28 10, 34	12, 35
	34	Reparabilidade	11, 1 2, 9	11, 29 28, 27	1	4, 10	15, 1 13	15, 1 28, 16	-	15, 10 32, 2	15, 1 32, 19	2, 35 34, 27	-	32, 1 10, 25	2, 28 10, 25
	35	Adaptabilidade	35, 3 32, 6	13, 1 35	2, 16	27, 2 3, 35	6, 22 26, 1	19, 35 29, 13	-	19, 1 29	18, 15 1	15, 10 2, 13	-	35, 28	3, 35 15
	36	Complexidade do dispositivo	2, 13 28	10, 4 28, 15	-	2, 17 13	24, 17 13	27, 2 29, 28	-	20, 19 30, 34	10, 35 13, 2	35, 10 28, 29	-	6, 29	13, 3 27, 10
	37	Complexidade no controlo	27, 3 15, 28	19, 29 39, 25	25, 34 6, 35	3, 27 35, 16	2, 24 26	35, 38	19, 35 16	19, 1 16, 10	35, 3 15, 19	1, 18 10, 24	35, 33 27, 22	18, 28 32, 9	3, 27 29, 18
	38	Nível de automação	25, 13	6, 9	-	26, 2 19	8, 32 19	2, 32 13	-	28, 2 27	23, 28	35, 10 18, 5	35, 33	24, 28 35, 30	35, 13
	39	Produtividade	29, 28 10, 18	35, 10 2, 18	20, 10 16, 38	35, 21 28, 10	26, 17 19, 1	35, 10 38, 19	1	35, 20 10	28, 10 29, 35	28, 10 35, 23	13, 15 23	-	35, 38

Tabela A 6- Matriz de Contradições (Características a Melhorar 21-39 vs. Resultados Indesejados 27-39) (Adaptado de Altshuller, 2001)

Características			Resultados indesejados												
			27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Características a melhorar	21	Potência	19, 24 26, 31	32, 15 2	32, 2	19, 22 31, 2	2, 35 18	26, 10 34	26, 35 10	35, 2 10, 34	19, 17 34	20, 19 30, 34	19, 35 16	28, 2 17	28, 35 34
	22	Perda de energia	11, 10 35	32	-	21, 22 35, 2	21, 35 2, 22	-	35, 32 1	2, 19	-	7, 33	35, 3 15, 23	2	28, 10 29, 35
	23	Perda de massa	10, 29 39, 35	16, 34 31, 18	35, 10 24, 31	33, 22 30, 40	10, 1 34, 29	15, 34 33	32, 28 2, 24	2, 35 34, 27	15, 10 2	35, 10 28, 24	35, 18 10, 13	35, 10 18	28, 35 10, 23
	24	Perda de informação	10, 28 23	-	-	22, 10 1	10, 21 22	32	27, 22	-	-	-	35, 33	35	13, 23 15
	25	Perda de tempo	10, 30 4	24, 34 28, 32	24, 26 28, 18	35, 18 34	35, 22 18, 39	35, 28 34, 4	4, 28 10, 34	32, 1 10	35, 28	6, 29	18, 28 32, 10	24, 28 35, 30	-
	26	Quantidade de matéria	18, 3 28, 40	13, 2 28	33, 30	35, 33 29, 31	3, 35 40, 39	29, 1 35, 27	35, 29 25, 10	2, 32 10, 25	15, 3 29	3, 13 27, 10	3, 27 29, 18	8, 35	13, 29 3, 27
	27	Fiabilidade		32, 3 11, 23	11, 32 1	27, 35 2, 40	35, 2 40, 26	-	27, 17 40	1, 11	13, 35 8, 24	13, 35 1	27, 40 28	11, 13 27	1, 35 29, 38
	28	Precisão de medição	5, 11 1, 23		-	28, 24 22, 26	3, 33 39, 10	6, 35 25, 18	1, 13 17, 34	1, 32 13, 11	13, 35 2	27, 35 10, 34	26, 24 32, 28	28, 2 10, 34	10, 34 28, 32
	29	Precisão de fabrico	11, 32 1	-		26, 28 10, 36	4, 17 34, 26	-	1, 32 35, 23	25, 10	-	26, 2 18	-	26, 28 18, 23	10, 18 32, 39
	30	Factores prejudiciais que actuam sobre o objecto	27, 24 2, 40	28, 33 23, 26	26, 28 10, 18		-	24, 35 2	2, 25 28, 39	35, 10 2	35, 11 22, 31	22, 19 29, 40	22, 19 29, 40	33, 3 34	22, 35 13, 24
	31	Efeitos colaterais prejudiciais	24, 2 40, 39	3, 33 26	4, 17 34, 26	-		-	-	-	-	19, 1 31	2, 21 27, 1	2	22, 35 18, 39
	32	Manufaturabilidade	-	1, 35 12, 18	-	24, 2	-		2, 5 13, 16	35, 1, 25 11, 9	2, 13 15	27, 26 1	6, 28 11, 1	8, 28 1	35, 1 10, 28
	33	Conveniência de uso	17, 27 8, 40	25, 13 2, 34	1, 32 35, 23	2, 25 28, 39	-	2, 5 12		12, 26 1, 32	15, 34 1, 16	32, 26 12, 17	-	1, 34 12, 3	15, 1 28
	34	Reparabilidade	11, 10 1, 16	10, 2 13	25, 10	35, 10 2, 16	-	1, 35 11, 10	1, 12 26, 15		7, 1 4, 16	35, 1, 25 13, 11	-	34, 35 7, 13	1, 32 10
	35	Adaptabilidade	35, 13 8, 24	35, 5 1, 10	-	35, 11 32, 31	-	1, 13 31	15, 34 1, 16, 7	1, 16 7, 4		15, 29 37, 28	1	27, 34 35	35, 28 6, 37
	36	Complexidade do dispositivo	13, 35 1	2, 26 10, 34	26, 24 32	22, 19 29, 40	19, 1	27, 26 1, 13	27, 9 26, 24	1, 13	29, 15 28, 37		15, 10 37, 28	15, 1 24	12, 17 28
	37	Complexidade no controlo	27, 40 28, 8	26, 24 32, 28	-	22, 19 29, 28	2, 21	5, 28 11, 29	2, 5	12, 26	1, 15	15, 10 37, 28		34, 21	35, 18
	38	Nível de automação	11, 27 32	28, 26 10, 34	28, 26 18, 23	2, 33	2	1, 26 13	1, 12 34, 3	1, 35 13	27, 4 1, 35	15, 24 10	34, 27 25		5, 12 35, 26
	39	Produtividade	1, 35 10, 38	1, 10 34, 28	18, 10 32, 1	22, 35 13, 24	35, 22 18, 39	35, 28 2, 24	1, 28 7, 19	1, 32 10, 25	1, 35 28, 37	12, 17 28, 24	35, 18 27, 2	5, 12 35, 26	

***Anexo B :Definição dos Parâmetros Técnicos e dos
Princípios de Invenção***

Princípios Técnicos (Navas, 2012)

1. Peso (objeto móvel)

Massa do objeto em movimento num campo gravitacional.

2. Peso (objeto imóvel)

Massa do objeto imóvel num campo gravitacional.

3. Comprimento (objeto móvel)

Dimensão linear do objeto.

4. Comprimento (objeto imóvel)

Dimensão linear do objeto.

5. Área (objeto móvel)

Característica geométrica para descrever uma quantidade de espaço bidimensional, interna ou externa do objeto em movimento.

6. Área (objeto imóvel)

Característica geométrica para descrever uma quantidade de espaço bidimensional, interna ou externa do objeto imóvel.

7. Volume (objeto móvel)

Quantidade de espaço tridimensional ocupado por um objeto.

8. Volume (objeto imóvel)

Quantidade de espaço tridimensional ocupado por um objeto.

9. Velocidade

Distância percorrida por um objeto num determinado intervalo de tempo ou uma taxa em relação a um processo ou ação.

10. Força

Medida de interação que tenha como intenção modificar a condição de um objeto.

11. Tensão ou pressão

Força exercida por unidade de área.

12. Forma

Contorno externo de um componente ou sistema.

13. Estabilidade do objeto

Integridade do sistema, e o relacionamento dos seus elementos incluindo também nesta categoria a decomposição química, o desgaste, a dissociação e o aumento de entropia.

14. Resistência

Capacidade de um objeto se opor à aplicação de uma força.

15. Durabilidade (objeto móvel)

Intervalo de tempo em que o objeto pode executar uma ação, vida útil ou durabilidade.

16. Durabilidade (objeto imóvel)

Intervalo de tempo em que o objeto pode executar uma ação, vida útil ou durabilidade.

17. Temperatura

Condição térmica de um objeto ou sistema.

18. Claridade

Fluxo de luz por unidade de área, incluindo também características óticas como a cor, brilho, qualidade da luz, etc.

19. Energia dispensada (objeto móvel)

Medida da capacidade de um objeto efetuar uma ação.

20. Energia dispensada (objeto imóvel)

Medida da capacidade de um objeto efetuar uma ação.

21. Potência

Taxa na qual a ação é executada ou taxa de uso da energia.

22. Perda de energia

Ineficiência, energia gasta que não contribui para a execução da tarefa.

23. Perda de massa

Perda de massa de componentes do sistema, total ou parcial, permanente ou temporário

24. Perda de informação

Perda de dados ou acesso a eles, de ou para um sistema, que pode ser parcial ou total, permanente ou temporário. Nessa informação podem estar incluídos dados visuais, auditivos, táteis, olfativos ou gustativos.

25. Perda de tempo

Ineficiência do uso do tempo disponível.

26. Quantidade de matéria

Número ou quantidade de materiais, substâncias, peças ou subsistemas que podem ser alterados.

27. Fiabilidade

Capacidade de um sistema ou componente cumprir as tarefas pretendidas em determinadas condições.

28. Precisão de medição

Proximidade entre o valor medido e o valor real.

29. Precisão de fabrico

Proximidade entre as características reais de um sistema ou objeto e as características especificadas ou requeridas.

30. Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto

Suscetibilidade de um sistema aos efeitos prejudiciais externos.

31. Efeitos colaterais prejudiciais

Redução da eficiência ou da qualidade devido ao objeto como parte integrante da operação.

32. Manufaturabilidade

Facilidade de fabricação, manufatura, montagem e inspeção.

33. Conveniência do dispositivo

Simplicidade do processo.

34. Manutenção

Conveniência, conforto, simplicidade e tempo para reparar falhas ou defeitos de um sistema.

35. Adaptabilidade

Capacidade de um sistema responder positivamente a alterações externas, inclusive o seu uso em múltiplas formas e sob diferentes condições.

36. Complexidade do dispositivo

Número e diversidade de elementos e relacionamento entre si dentro do sistema.

37. Complexidade no controlo

O controlo de sistemas é complexo, custoso, requer muito tempo e mão-de-obra.

38. Nível de automação

Capacidade de um sistema ou objeto executar tarefas sem a intervenção humana.

39. Produtividade

Número de funções ou operações realizadas por um sistema por unidade de tempo.

Tempo por unidade de função ou operação. Saída por unidade de tempo ou custo por unidade de saída.

Princípios de Invenção (Navas, 2012)

Princípio 1 – **Segmentação**:

- A. Dividir o objeto em partes independentes
- B. Secionar o objeto (para facilitar a montagem e desmontagem)
- C. Aumentar o grau de segmentação do objeto

Princípio 2 - **Extração** (Extração, Recuperação, Remoção):

- A. Extrair do objeto a parte ou a propriedade que “perturba”
- B. Extrair do objeto apenas a parte ou a propriedade necessária

Princípio 3 - **Qualidade Local**:

- A. Providenciar a transição de uma estrutura homogênea de um objeto ou ambiente externo (ação) para uma estrutura heterogênea
- B. Fazer com que os diferentes componentes do objeto executem funções diferentes
- C. Colocar cada parte do objeto em condições mais favoráveis para o seu funcionamento

Princípio 4 – **Assimetria**:

- A. Substituir uma forma simétrica por uma forma assimétrica
- B. Se um objeto já for assimétrico, aumentar o seu grau de assimetria

Princípio 5 – **Combinação**:

- A. Combinar no espaço os objetos homogêneos ou objetos destinados a operações contíguas
- B. Combinar no tempo as operações homogêneas ou contíguas

Princípio 6 – Universalidade:

- A. Se um objeto servir para realizar várias funções, assim, poder-se-á eliminar os outros elementos

Princípio 7 – Nidificação:

- A. Colocar o objeto dentro de outro, que, por sua vez, é colocado no interior de um terceiro objeto, etc.
- B. Passar o objeto através de uma cavidade num outro objeto

Princípio 8 – Contrapeso:

- A. Compensar o peso de um objeto juntando-o com um outro objeto que gera uma força de elevação
- B. Compensar o peso de um objeto com forças aerodinâmicas ou hidrodinâmicas geradas pelo meio ambiente

Princípio 9 – Contra-Ação Prévia:

- A. Realizar uma contra-ação por antecipação
- B. Submeter o objeto ao pré-carregamento com contra tensão para compensar tensões excessivas ou indesejáveis

Princípio 10 – Ação Prévia:

- A. Realizar as alterações necessárias num objeto com antecedência total ou parcial
- B. Colocar os objetos com antecedência de modo que eles possam entrar em ação no momento oportuno e numa posição conveniente

Princípio 11 – Amortecimento Prévio:

- A. Compensar a confiabilidade relativamente baixa de um objeto com contramedidas tomadas com antecedência.

Princípio 12 – Equipotencialidade:

- A. Alterar as condições de trabalho, de modo que um objeto não precise de ser levantado ou abaixado

Princípio 13 – Inversão:

- A. Em vez de uma ação ditada pelas especificações do problema, aplicar uma acção oposta (por exemplo, arrefecimento em vez de aquecimento)
- B. Transformar elemento móvel do objeto ou do meio ambiente em imóvel e o elemento imóvel em móvel

Princípio 14 – Esfericidade:

- A. Substituir os elementos lineares por curvilíneos, as superfícies planas por superfícies esféricas e as formas cúbicas por formas esferoidais
- B. Usar rolos, esferas, espirais
- C. Substituir movimento linear por movimento rotativo; utilizar forças centrífugas

Princípio 15 – Dinamismo:

- A. Ajustar as características do objeto ou do meio ambiente ao melhor desempenho em cada fase do funcionamento
- B. Se um objeto for imóvel, torná-lo móvel. Tornar o objeto intermutável
- C. Dividir o objeto em partes que possam mudar de posição relativamente a cada uma das outras partes

Princípio 16 - Ação Parcial ou Excessiva:

- A. Se for difícil obter o efeito desejado a 100%, alcançar mais ou menos o efeito desejado

Princípio 17 – Transição para uma Nova Dimensão:

- A. Providenciar a transição do movimento ou localização unidimensionais em bidimensionais; dos bidimensionais em tridimensionais, etc.
- B. Utilizar composição de objetos em vários níveis
- C. Inclinar o objeto ou colocá-lo de lado
- D. Utilizar o lado oposto de uma dada superfície
- E. Projetar linhas óticas nas áreas adjacentes ou no lado oposto do objeto

Princípio 18 - Vibrações Mecânicas:

- A. Utilizar oscilação
- B. Se oscilação já existir, aumentar a sua frequência até à ultrassônica
- C. Usar a frequência de ressonância
- D. Substituir as vibrações mecânicas por piezo-vibrações
- E. Usar vibrações ultrassônicas em conjunto com um campo electromagnético

Princípio 19 – Ação Periódica:

- A. Substituir uma ação contínua por uma periódica (impulso)
- B. Se uma ação já é periódica, mudar a sua frequência
- C. Aproveitar os intervalos entre os impulsos para realizar ações adicionais

Princípio 20 - Continuidade de uma Ação Útil:

- A. Realizar ações sem interrupções. Todos os elementos do objeto devem operar em plena capacidade
- B. Remover movimentos em repouso e intermédios
- C. Substituir movimentos vai-e-vem por rotativos

Princípio 21 – Corrida Apressada:

- A. Realizar operações prejudiciais ou perigosas a uma velocidade muito alta

Princípio 22 – Conversão de Prejuízo em Proveito:

- A. Utilizar fatores nocivos (especialmente os ambientais) para obter um efeito positivo

- B. Remover um fator prejudicial combinando-o com um outro fator prejudicial
- C. Aumentar a intensidade de ação nociva até que esta deixe de ser prejudicial

Princípio 23 – Reação:

- A. Introduzir reação
- B. Se a reação já existir, mudá-la

Princípio 24 – Mediação:

- A. Usar um objeto intermediário para transferir ou executar uma ação
- B. Ligar temporariamente o objeto original a um outro que seja fácil de remover

Princípio 25 – Autosserviço:

- A. Providenciar que o objeto, além de servir a si próprio, realize também operações suplementares e de reparação
- B. Fazer uso dos materiais e da energia desperdiçados

Princípio 26 – Cópia:

- A. Usar uma cópia simples e barata, em vez do objeto original, se este for complexo, caro, frágil ou inconveniente em funcionamento
- B. Se uma cópia ótica visível já for utilizada, substituí-la por uma cópia infravermelha ou ultravioleta
- C. Substituir o objeto (ou sistema de objetos) pela sua imagem ótica. A imagem pode ser reduzida ou aumentada.

Princípio 27 - Objeto Económico com Vida Curta em Vez de Outro Dispendioso e Durável:

- A. Substituir um objeto caro por um outro mais barato, mesmo comprometendo outras propriedades (por exemplo, durabilidade)

Princípio 28 - Substituição do Sistema Mecânico:

- A. Substituir um sistema mecânico por um sistema óptico, acústico, térmico ou olfativo

- B. Usar um campo elétrico, magnético ou eletromagnético para a interação com o objeto
- C. Substituir campos:
 - Campos estacionários por campos móveis
 - Campos fixos por campos que mudam com o tempo
 - Campos aleatórios por campos estruturados
- D. Utilizar campos em conjunto com partículas ferromagnéticas

Princípio 29 - Utilização de Sistemas Pneumáticos ou Hidráulicos:

- A. Substituir as peças sólidas de um objeto por gás ou líquido. Estas peças podem usar ar ou água para insuflar, ou usar amortecedores pneumáticos ou hidrostáticos

Princípio 30 - Membranas Flexíveis ou Películas Finas:

- A. Substituir construções tradicionais por membranas flexíveis ou películas finas
- B. Isolar o objeto do meio ambiente utilizando membranas flexíveis ou películas finas

Princípio 31 - Utilização de Materiais Porosos:

- A. Tornar o objeto poroso ou adicionar elementos porosos (inserção, revestimentos, etc.)
- B. Se o objeto já for poroso, preencher os poros com alguma substância

Princípio 32 - Mudança de Cor:

- A. Alterar a cor do objeto ou do seu ambiente
- B. Alterar o grau de translucidez do objeto ou do seu ambiente
- C. Usar aditivos coloridos para observar objetos ou processos que são difíceis de ver
- D. Se tais aditivos já forem utilizados, aplicar traços luminescentes ou atômicos

Princípio 33 – Homogeneidade:

- A. Fazer objetos que interagem com o objeto principal do mesmo material (ou de material com características semelhantes) do material do objeto principal

Princípio 34 - Rejeição e Recuperação de Componentes:

- A. Depois de ter concluído a sua função ou de se tornar inútil, rejeitar (descartar, dissolver, evaporar, etc.) o elemento do objeto ou modificá-lo durante o processo de trabalho deste
- B. Reparar os elementos do objeto durante o seu trabalho

Princípio 35 - Transformação do Estado Físico ou Químico:

- A. Alterar o estado físico do sistema
- B. Alterar a concentração ou densidade
- C. Alterar o grau de flexibilidade
- D. Alterar a temperatura ou volume

Princípio 36 – Mudança de Fase:

- A. Usar o fenómeno de mudança de fase (por exemplo, a alteração do volume, a libertação ou a absorção de calor, etc.)

Princípio 37 - Expansão Térmica:

- A. Usar a expansão ou contração de material alterando a temperatura
- B. Usar vários materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica

Princípio 38 – Utilização de Oxidantes Fortes:

- A. Obter transição de um nível de oxidação para um nível mais alto
 - Do ar ambiente para ar oxigenado
 - Do ar oxigenado para oxigénio
 - Do oxigénio para oxigénio ionizado
 - Do oxigénio ionizado para oxigénio ozonado
 - Do oxigénio ozonado para ozono
 - Do ozono para oxigénio singleto

Princípio 39 - **Ambiente Inerte:**

- A. Substituir o ambiente normal por um inerte
- B. Introduzir uma substância neutra ou aditivos ao objeto
- C. Realizar o processo em vácuo

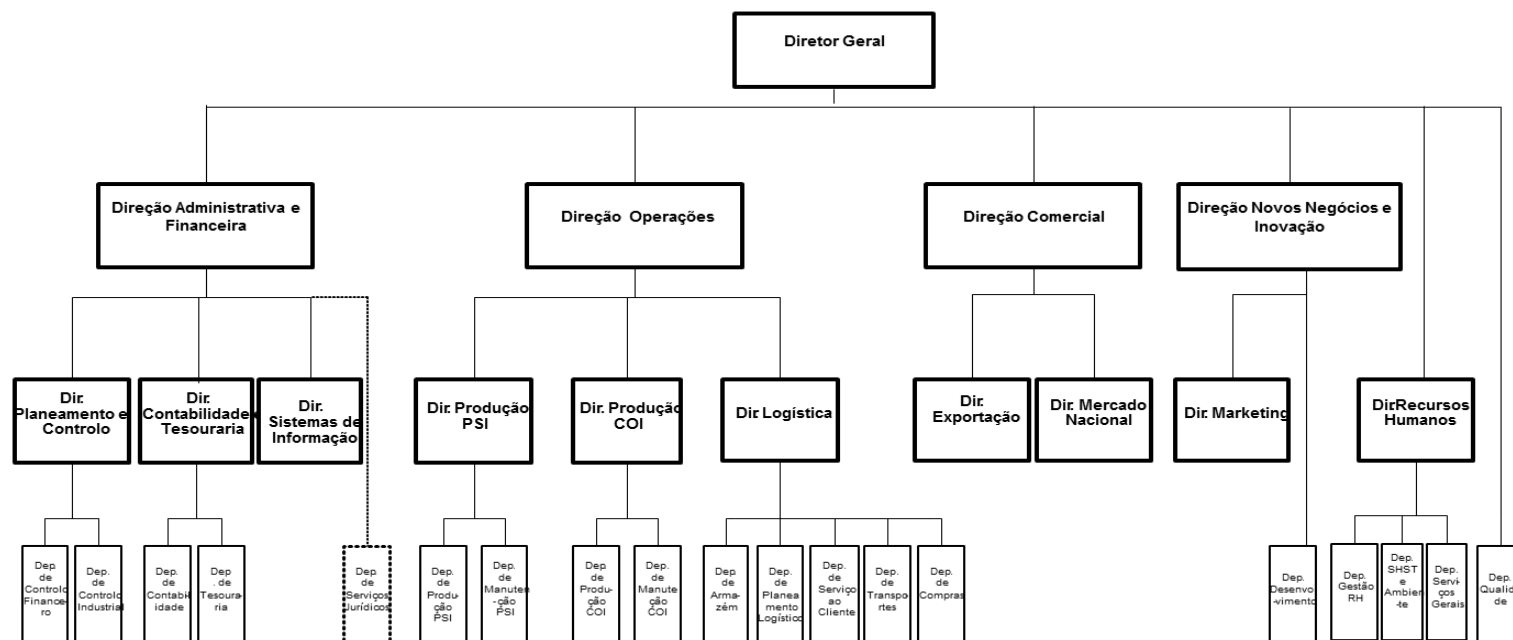
Princípio 40 - **Materiais Compósitos:**

- A. Substituir materiais homogêneos por compósitos

Anexo C: Organograma Completo da DanCake



ORGANIGRAMA Geral



Março 2015

Figura C.1-Organograma Completo da DanCake

Anexo D: Layout Completo da Linha 3

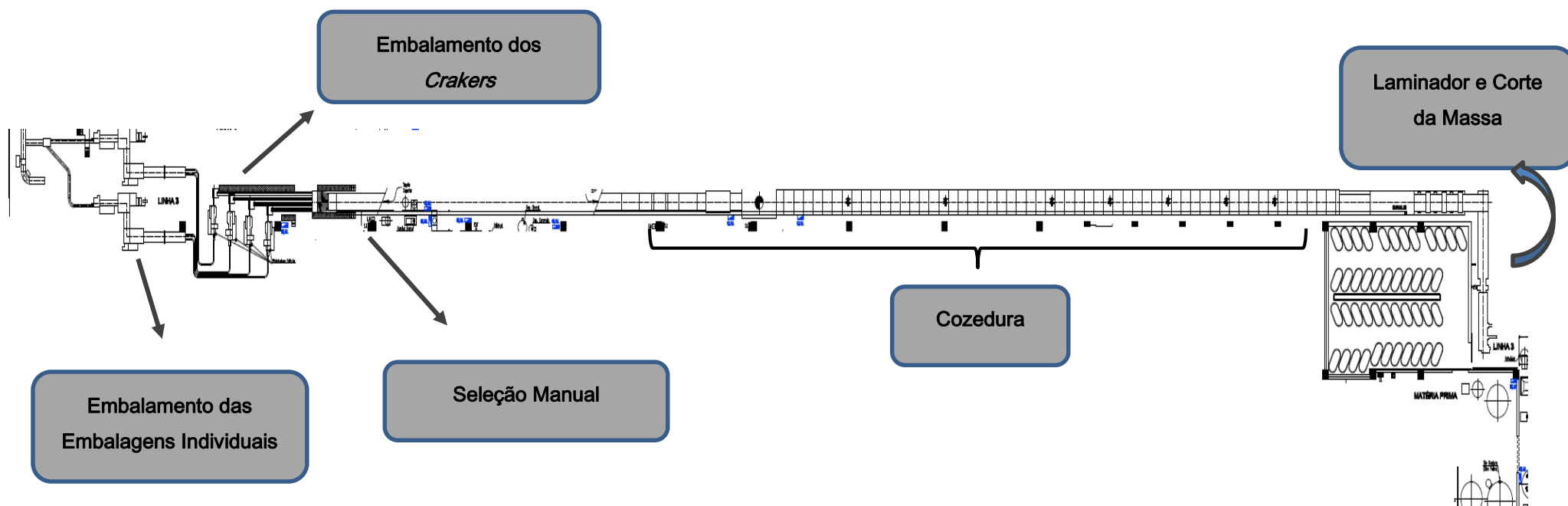


Figura D 1-Layout Completo da Linha 3 com as Principais Atividades Identificadas

Anexo E: OEE da Linha 3

3	▼ jan-15
Tempo Calendário	744
Paragem planeada	619
Incidente	
Tempo Planeado	125
Setups	0
Processo	18
Avarias	4
Outros	25
Tempo Trabalhado	79
Microparagens	-6
Tempo Produtivo	85
Desperdício	11
Tempo Efetivo	73
Utilização	63.0%
Performance	107.2%
Qualidade	86.7%
OEE	58.6%
% Sobre peso	3.5%
% Desperdício	15.8%

Figura E 1-OEE da Linha 3